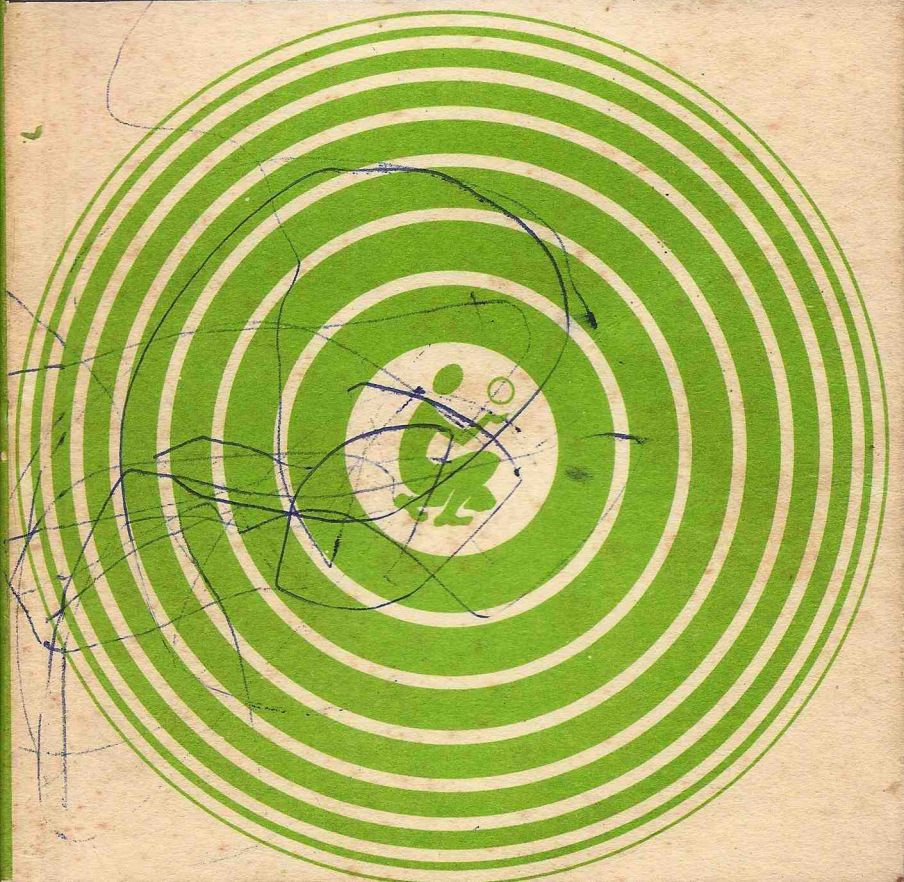
STIINTA PENTRU TOTI

113

ALEXANDRU I. IONESCU

Algele — proteinele viitorului



Știința pentru toți

Cunoștințe despre Univers

COLECȚIA „ȘTIINȚA PENTRU TOȚI"
apare sub egida
CONSILIULUI NAȚIONAL
AL
FRONTULUI DEMOCRAȚIEI ȘI UNITĂȚII SOCIALISTE

Dr. ALEXANDRU I. IONESCU

JA/19

Algele — proteinele viitorului

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ
București — 1980

Coperta colecției de: EUGEN KERRY

O LUME A CULORILOR

Întîlnire cu algele

În zilele de vară pămîntul este plin de verdeață și de flori, iar apele rîurilor, lacurilor și ale mării poartă, alături de albastrul cerului pe care-l oglindesc în toate splendorile și adîncimile sale, culori stranii care merg de la roșu-violaceu al vișinilor coapte la verdele închis al frunzelor pline de sevă.

Pretutindeni, lumea plantelor cunoaște o exuberantă dezvoltare atunci cînd se găsește sub lumina caldă a soarelui, în prezența apei și a substanțelor minerale ; lumea aceasta este extrem de diversă și cuprinde alcătuiri dintre cele mai neobișnuite, într-un univers pe care-l credeam cîndva cunoscut în amănunțime, și cu care ne întîlnim la tot pasul.

Algele formează, în imensitatea regnului vegetal, un grup aparte, cu numeroase specii, cele mai multe microscopice și unicelulare ; fiind în majoritate invizibile pentru ochiul trecătorului, aceste plante rămîn adesea necunoscute și ignorate ; doar zilele de vacanță petrecute pe litoralul mării ni le scot din adîncurile apei, odată cu valurile, parcă anume spre a fi văzute, și ne lasă să le privim pe nisipul unde

își găsesc naufragiul și pieirea. Vom cunoaște atunci sălățica de mare *(Ulva lactuca)*, o panglică verde cu margini ușor încrețite, care a servit cîndva drept salată locuitorilor din anticul Tomis, precum și numeroase alge roșii, pe care marea le pune mereu la îndemîna copiilor ca ei să aibă cu ce-și împodobi castelele de nisip. Cum cele mai multe dintre alge n-au la noi numiri „populare", pentru că n-au avut întrebuințări practice și pentru că au fost puțin cunoscute, vom vorbi despre ele în limba internațională a botaniștilor. Iată, multe dintre algele roșii pe care le întîlnim în Marea Neagră fac parte din genul *Ceramium* (fig. 1B) : cînd filamentele algei sînt aspre și colorate aprins specia se cheamă *Ceramium rubrum*, iar cînd ramificațiile sînt fine, *C. diaphanum*. Către țărm, marea scoate adesea la suprafață minuscule baloane de aer, implantate în alge de culoare brună ; ele ne indică speciile genului *Fucus* și dacă ne aventurăm în excursii îndepărtate, în imensa Mare a Sargaselor, constatăm că întîlnim acolo algele care se cheamă *Sargassum* și care, din pricina abundenței lor, au dat numele acestei întinderi de apă.

Acolo unde algele au fost de mult cunoscute și întrebuințate, locuitorii le-au numit după priceperea avută. În îndepărtata Japonie algele verzi, inclusiv sălățica noastră, se numesc Aonori, algele roșii, cum ar fi speciile de *Porphyra*, se numesc Asakusa-nori sau Ama-nori sau, se înțelege, după specie, Hoshinori.

În iazuri și în lacuri întîlnim adesea mătasea broaștei *(Spirogyra)* și lîna broaștei *(Cladophora* — fig. 1A), pe solurile umede, cleiul pămîntului *(Nostoc)*, iar pe ziduri și pe trunchiuri de copaci, verzeala zidurilor *(Pleurococcus)*. Acestea sînt alte alge pe care oamenii le-au cunoscut din vremuri de demult și cărora le-au dat un nume pentru că le-au întîlnit la tot pasul (cu toate că nu li s-au părut de nici un folos).

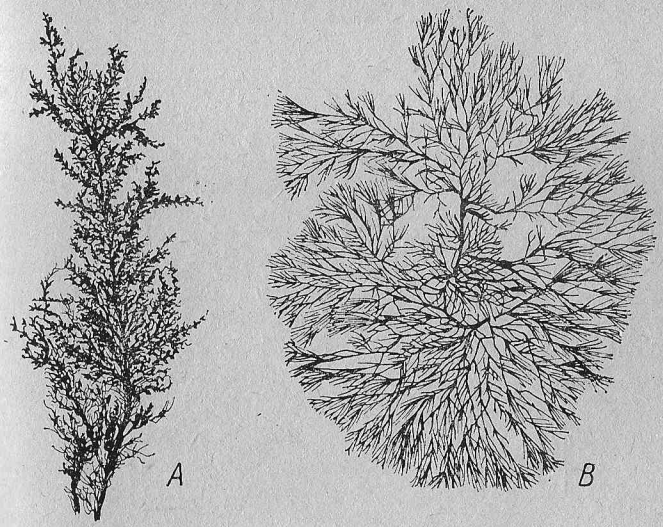


Fig. 1. *Cladophora* sp. (A) ; *Ceramium rubrum* (B).

Algele fac parte din grupul plantelor inferioare *(Thallophyta)* și, se înțelege, nu au flori și nici semințe. Dimensiunile lor sînt foarte variate, mergînd de la lungimi de ordinul micronilor pînă la taluri de zeci de metri. Coloritul sub care se prezintă este extrem de bogat și extrem de divers în nuanțe. Sînt alge portocalii și alge violete, roșii și albastre, verzi și brune sau încărcate de calcar și astfel strălucitor de albe ; pot fi îmbrăcate în carcase de siliciu (ca diatomeele), de carbonați (ca peridineele — fig. 2), în teci de mucilagii, în gelatine compacte sau dimpotrivă, pot fi lipsite de cea mai strictă

Fig. 2. Peridinee *(Exuviaella cordata + Prorocentrum micans).*

protecție, adică de membrana celulară. Culorile pe care le etalează lumea algelor și care devin schimbătoare, urmînd jocul luminilor care poposesc la suprafața lor, se datorează unui numeros set de pigmenți, printre care cei mai cunoscuți sînt ficobilinele, clorofilele, xantofitele și carotenoizii. Acvanauții, în plimbările lor printre recifele de corali, sînt uimiți de coloritul pe care tapetul de alge îl expune lămpilor lor și ei sînt aceia care, pentru prima dată, au numit lumea algelor o lume a culorilor, deși — trebuie repetat — doar universul microscopic le-ar fi putut completa gama de nuanțe pe care au cunoscut-o și pe care algele o cuprind, într-o foarte mare diversitate.

Majoritatea algelor trăiesc nu pe cîmpii sau pe dealuri ci în apele Terrei ; cu toate acestea, importanța lor pentru întreaga umanitate și, în general, pentru biosferă este imensă. Așa se explică interesul care li se acordă din ce în ce mai mult, odată cu dezvoltarea științelor biologice și odată cu cunoașterea potențialului lor de a fabrica, în cantități enorme, substanțe organice. Datorită mai ales acestor plante, oceanul este o gigantică uzină chimică de produs alimente și oxigen.

În zilele noastre și în anii care vor urma, Oceanul Planetar trebuie să facă mai mult decît a făcut pînă în prezent, pentru a hrăni o populație umană aflată într-o vertiginoasă creștere numerică ; dacă el satisface, în prezent, 12% din nevoile noastre în albumină, această proporție va trebui să ajungă la 20% către sfîrșitul mileniului acesta.

Să sporim pescuitul, veți spune : dar lucrul acesta cuprinde în el un pericol evident, atît timp cît nu cunoaștem procesele vitale din mări și cînd riscăm să dezechilibrăm un sistem natural de care depinde capacitatea de înmulțire și de creștere a peștilor. Pentru a ști pînă la ce cantități de animale putem aduce în bucătăriile noastre, trebuie să înțelegem mecanismul productiv al materiei organice, trebuie să cunoaștem că singurele producătoare de substanțe organice în ape sînt algele despre care am vorbit și că, în rest, materia astfel ivită se vehiculează de-a lungul lanțurilor trofice pentru a crea — cu o mare risipă — carnea comestibilă. Fără alge viața în oceane n-ar exista !

Pe pămînt este ușor să știm că ierbivorele mănîncă iarbă ; în apele profunde însă, lanțurile alimentare sînt foarte complicate și întrebările „ce" și „care" sînt aici foarte numeroase.

La sol biomasa vegetalelor este de 2 000 de ori mai mare decît biomasa animalelor, dar în ape, după anumite calcule, animalele depășesc algele. Cu toate că se poate ca vegetalele să fie întrecute ca biomasă, ele întrec animalele în producția anuală : față de zoomasă, care se evaluează la 56 de miliarde de tone pe an, greutatea materiilor vegetale este de 550 miliarde. (Dar ea se distruge cu repeziciune și este consumată în cantități mari de lumea animală !)

Să socotim, de asemenea, că algele produc peste 70% din oxigenul Terrei și că ele sînt din ce în ce mai studiate în toate laboratoarele planetei, pentru a se cunoaște în amănunțime procesele care guvernează lumea plantelor (cum ar fi fotosinteza, mecanismele biochimice ale metabolismului sau transmiterea genetică).

Prin marile cantități de proteine pe care le produc și prin rolul trofic pe care-l joacă în apele globului, dar și datorită unor multiple întrebuințări în industrie, în agricultură, în farmacie și chiar în hrana oamenilor, lumea colorată a algelor s-a impus ca un obiect de studiu, speranța de a o face să devină unul din cei mai importanți producători de proteine ai umanității fiind deosebit de mare.

Diversitatea imensă a algelor s-a prins în 10 încrengături, pe care le prezentăm pentru a face progrese în cunoașterea caracterelor acestui grup de plante, trecînd din nou printr-o mare paletă de culori.

Sînt alge verzi *(Chlorophyta)* cele care au cromatoforul verde și materie de rezervă amidonul ; algele roșii *(Rhodophyta)* cuprind pigmenți predominanți roșii și strîng în celula lor amidon floridian ; algele brune *(Phaeophyta)*, totdeauna pluricelulare și marine, au plaste brune și materia de rezervă reprezentată de laminarină, un zahar caracteristic ;

diatomeele *(Bacillariophyta)* sînt alge îmbrăcate în valve silicioase, care acumulează grăsimi în citoplasma lor ; peridineele *(Dinophyta)*, alge cu carcasă de celuloză, bune înotătoare, străbătute pe suprafața lor de două șanțuri, unul ecuatorial și celălalt longitudinal ; alge verzi, flagelate, cu materia de rezervă paramilon *(Euglenophyta)* ; alge aurii *(Chrysophyta)*, cu plaste aurii și produs de rezervă grăsimea și leucozina ; alge cu flageli inserați lateral, cu cromatofori verzi-măslinii sau maro-roșcat, fără reproducere sexuată *(Cryptophyta)* ; alge cu flageli inegali, cromatofor galben-verzui acumulînd în celulă ulei ca produs de asimilație *(Xanthophyta)* ; alge cu pigmenți predominanți albaștri, fără nucleu *(Cyanophyta)*.

* *
*

Pentru a ajunge să cultivăm multe din aceste alge și să ameliorăm biotopurile în care ele se găsesc, pentru a le stimula creșterea și multiplicarea (cu scopul mărturisit de-a lungul acestor rînduri, acela de a găsi o sursă ieftină și abundentă de substanță organică pentru folosul societății umane) este, firește, necesar să cunoaștem la început constituția celulei algale, alcătuirea talului (prin care înțelegem un corp nediferențiat în rădăcină, tulpină sau frunze), modul de reproducere și, în general, condițiile de viață favorabile pentru dezvoltarea acestui grup de plante.

Celula algală. Talul

Dacă urmărim alcătuirea unei alge verzi (fig. 3) (referindu-ne adesea și la structura celorlalte grupe

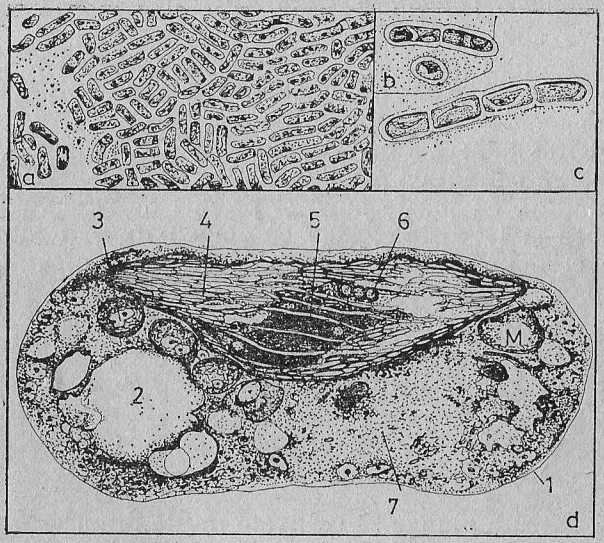


Fig. 3. Celula algală la *Gloeotila protogenita;* imagine la microscopul optic (a-c) şi imagine electrono-microscopică (d) :

1. = perete celular ; 2. = vacuolă ; 3. = mitocondrii ; 4. = cloroplast ; 5. = pirenoid ; 6. = globuli osmofili ; 7. = nucleu ; M. = citoplasmă cu ribozomi (după dr. Al. Marton).

de alge), observăm că ea are trei părţi distincte şi anume, membrana, citoplasma şi nucleul.

Membrana este de natură celulozo-pectică şi are ca unitate fundamentală de structură microfibrila (asocierea liniară de molecule), cu o lungime variabilă şi cu o grosime uniformă, cuprinsă de obicei între 50—100 de angströmi (1 Å = 1 000 microni).

La *Ulva, Enteromorpha* sau *Acetabularia,* microfibrilele sînt orientate neregulat, reticulat, în timp ce la *Chara* sau *Spirogyra* ele sînt paralele, formînd

straturi suprapuse. O structură reticulată a peretelui microfibrilar este foarte frecvent descrisă la algele brune şi roşii.

Există şi învelişuri speciale, rigide, în formă de căsulii (lorica) sau teci impregnate cu săruri de fier, aşa cum întîlnim la unele euglenofite şi crizofite. Diatomeele prezintă un perete silicios format din două jumătăţi (epitecă şi hipotecă), care închid corpul plantei ca într-o cutie cu capac.

La algele albastre peretele celular este alcătuit dintr-un strat profund aderent la citoplasmă (numit locula), un strat intermediar (continuu sau nu) şi un strat mucilaginos care formează o teacă.

Adesea, ca organite subpeliculare, se întîlnesc gleiozomii care constituie un sistem de corpi muciferi şi scvamele (la crizofite şi la cocolitoforide), o dublură silicioasă externă a peliculei.

Sub pereţii celulari se găseşte *citoplasmă* formată dintr-o substanţă fundamentală cu aspect gelatinos, vîscos, cu două faze distincte, una clară şi alta întunecată, inclusă şi mobilă în prima *(Spirogyra).* La ordinul *Charales,* citoplasma este foarte granulată şi străbătută de curenţi citoplasmatici. Ca elemente submicroscopice fundamentale ea cuprinde granula (complex macromolecular globular) şi fibrila (o placă cu grosimea de 60—70 Å formată din 2 rînduri de molecule).

Constituenţii citoplasmatici, organitele celulei algale, sînt în primul rînd plastidele, mitocondriile, reticulul endoplasmatic, aparatul Golgi, vacuolele, pirenoizii ; întîlnim de asemenea organite ca stigma (la *Euglena),* corpi fisoizi (încărcaţi cu substanţe tanice — la unele alge brune sau la alga verde *Zygnema).*

Plastidele sînt organite celulare de forme şi culori foarte diferite, la nivelul cărora are loc procesul

de asimilație clorofiliană. Privite la microscopul electronic se observă că sînt alcătuite din mai multe lamele (tilacoide) acoperite de o membrană numită peristromium. Strîns asociate cu plastidele se găsesc niște formațiuni, de obicei intraplastidiale, numite *pirenoizi* care au rolul de a facilita formarea și depozitarea materiilor de rezervă.

Mitocondriile sînt corpusculi cu înveliș dublu, format din membrană limitantă externă și o membrană internă, cu numeroase invaginații. Rolul lor este acela de a cataliza diferite reacții chimice, în special oxidările.

Aparatul Golgi este format din saci aplatizați, discoidali, suprapuși, așezați de obicei perinuclear. Funcția principală a complexului Golgi este aceea de a elabora diferite secreții (inclusiv substanțe mucilaginoase).

Vacuolele pot fi așezate periferic (sînt atunci numeroase și mici) sau central (caz în care dimensiunile lor devin mari, iar citoplasma se așază marginal, formînd împreună cu toate incluziunile sale un strat subțire, atașat pereților celulari). În ele se află suc vacuolar, fitohormoni, enzime, glucozizi. Există la unele alge și vacuole contractile, legate mai ales de condițiile de mediu, și avînd rol în stabilirea și menținerea unei anumite presiuni osmotice a celulei.

Pentru că multe alge (sau elementele lor reproducătoare) au un aparat locomotor, ele pot prezenta o mișcare destul de activă. În interiorul celulei flagelii (promotorii mobilității) se termină într-un corpuscul bazal cilindric scurt și gol, care prezintă la exterior un înveliș trilamelat, continuare a plasmalemei care protejează cele 11 fibrile longitudinale constituente ale flagelului (dintre care 2 alcătuiesc un ax, în jurul căruia, celelalte nouă, pe care se

găsesc fibrile și mai fine numite mastigoneme, sînt dispuse concentric).

Nucleul este cel de al treilea constituent al celulei algale. Înainte de a spune cîte ceva despre el trebuie să reamintim că există o grupă de alge și anume cele albastre, în care se află substanță nucleară, dar în care nu este un nucleu distinct, înconjurat de o membrană perinucleară ; spre deosebire de restul algelor și de restul plantelor, ele formează — împreună cu bacteriile — grupul procariotelor.

Vorbind de nucleul algelor eucariote (cu nucleu distinct) vom arăta că mărimea, forma, așezarea și numărul acestuia diferă după vîrsta și mărimea celulelor și după particularitățile generale ale grupelor din care face parte specia. În general, celulele sînt uninucleate, dar există și celule cu foarte mulți nuclei (la algele sifonale). Microscopul electronic pune în evidență o membrană nucleară plină de pori, cu diametrul cuprins între 400—1 200 Å, prin care se realizează schimbul permanent cu citoplasma.

Proteinele nucleului conțin mai mult fosfor și formează cromatina dispersată într-un mediu lichid (cariolimfă), care va da, în timpul diviziunii, cromozomii, purtătorii esențiali ai eredității. Adesea în nucleu există porțiuni refringente, care constituie formațiuni speciale numite nucleoli.

Corpul algelor (talul) poate prezenta și unele modificări morfologice, mai cu seamă la algele superioare. La acestea putem deosebi un fel de rădăcini (rizidiu sau rizoid), un fel de tulpină (caulidiu sau cauloid) și un fel de frunze (filidiu sau filoid).

Deși plante inferioare, și la alge se poate vorbi despre o diferențiere a țesuturilor. Există astfel țesuturi de creștere (meristematice), care pot fi la vîrf (apicale) ca la *Fucus*, intercalare, ca la *Lami-*

naria, sau în scoarță — producînd îngroșarea secundară a caulidiului — ca la *Ahnfeltia;* țesuturi de apărare (formate din celule mici, prismatice și alungite radiar), țesuturi trofice — care se prezintă totodată și ca țesut asimilator și ca țesut secretor. Întîlnim chiar un țesut conducător reprezentat la algele superioare de celule lungi, în formă de tub, cu membrane foarte subțiri, care permit substanțelor o traversare facilă. La *Laminariales* găsim membrane ciuruite, străbătute de filamente protoplasmatice, amintind de adevăratele vase conducătoare de la plantele superioare.

Țesutul mecanic, reprezentat mai ales prin impregnarea unor celule (sau chiar a spațiilor intercelulare) cu săruri de calciu, este completat de turgescența deosebită a celulelor periferice.

Ca formațiuni morfologice, perii și setele sînt foarte frecvente pe tal. Perii (sau pilii) sînt unicelulari sau pluricelulari și sînt despărțiți de celula mamă printr-o membrană transversală ; setele sînt simple evaginații celulare sau de membrană, fără nucleu și fără cromatofor.

Talul ajunge la cel mai înalt grad de evoluție la *Charophyceae*, unde fronda (totalitatea cladomilor, adică a filamentelor cu creștere definită care alcătuiesc talul) este prinsă prin numeroși rizoizi de substrat și prezintă un ax cu creștere nedefinită (alcătuit din noduri și internoduri), adesea numit tulpină ; pe axă se găsesc verticile de pleuridii socotite uneori adevărate frunze, după forma lor din care nu lipsește dorso-ventralitatea. Plantele acestea, care au dimensiuni destul de mari, se găsesc frecvent în apele dulci din țara noastră și au fost bine studiate de dr. Venera Țeculescu de la Universitatea din București.

Diversitatea formelor. Tipurile morfologice

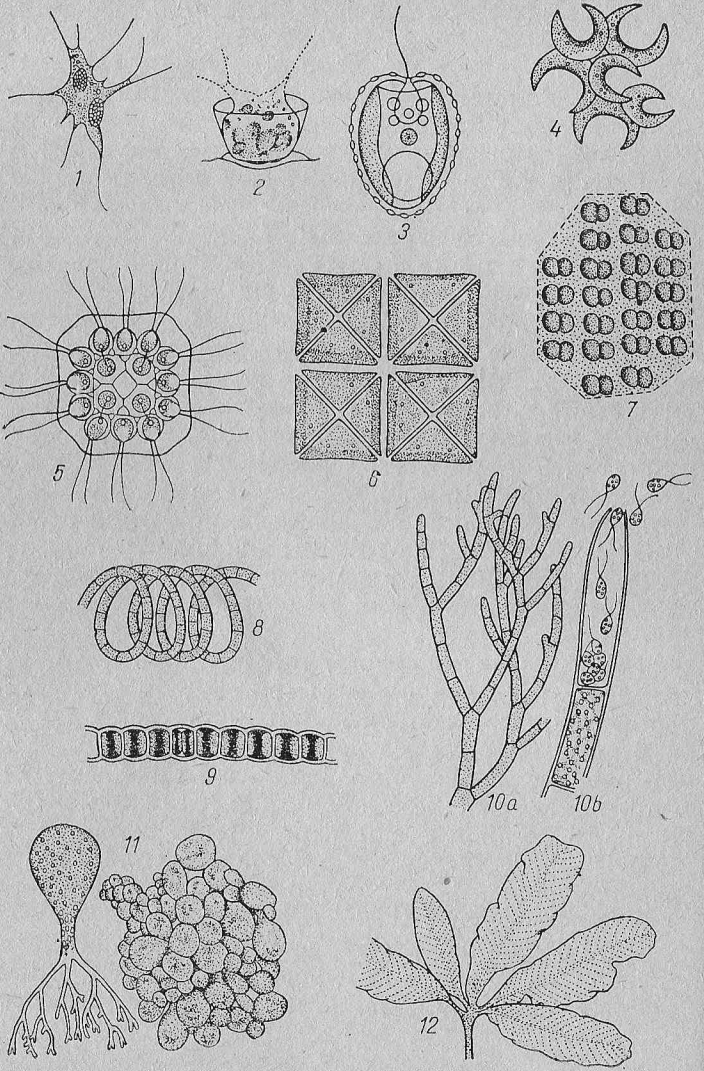
Algele au o foarte mare diversitate de forme, o mare diversitate de dimensiuni și alcătuiri dintre cele mai complicate. Cu toate acestea, din cauza evoluției lor pornite de la anumite noduri filogenetice și din cauza convergenței (sau divergenței) pe care le-au provocat-o mediul și selecția, în decursul atîtor ere geologice pe care le-au străbătut, se pot identifica mai multe grupe de organisme algale definite după aspectul și morfologia lor (fig. 4).

a. *Algele monocelulare.* Se pot întîlni în toate încrengăturile de alge, cu excepția algelor brune care sînt totdeauna pluricelulare. În cadrul lor deosebim trei tipuri și anume tipul *rizopodial*, tipul *flagelat* și tipul *coccoid.*

Formele vegetative, cu pereți celulari lipsiți de rigiditate, delimitate la exterior de membrana periplasmatică cunoscută sub numele de periplast (sau peliculă), realizează o mișcare metabolică amiboidală sau rizopodială ; o astfel de formare de prelungiri citoplasmatice găsim la algele xantofite sau la peridinee.

Tipul flagelat este reprezentat printr-un corp rotund, fusiform sau piriform (mai rar cu structură dorso-ventrală, ca la criptofite), prevăzut cu 1 sau mai mulți flageli. Dacă flagelii sînt egali algele sînt izoconte (ca algele verzi), iar dacă flagelii sînt inegali algele se numesc heteroconte (ca la xantofite). Numărul de flageli, am văzut, diferă : putem avea indivizi cu 1 flagel (ca la *Euglena),* cu 2 flageli *(Chlamydomonas),* cu 3 flageli *(Trichloris),* cu 4 flageli *(Carteria),* cu 5 flageli *(Chloraster)* etc.

Tipul coccoid cuprinde alge cu pereți celulari impregnați cu celuloză sau silice, frecvent cu ornamentații, spini și proeminențe ; sînt forme imobile,



care cunosc mișcarea numai în timpul reproducerii (tipul coccoid zoosporic).

Celulele tipului coccoid sînt, în mod obișnuit, sferice, dar pot avea și alte forme, în toate cazurile manifestînd tendințe puternice de unire în cenobii și colonii. *Chlorella* și diatomeele sînt cele mai cunoscute forme ale acestui tip.

b. *Colonii flagelate, cenobii, forme tetrasporale.* De la tipul liber, mobil și unicelular, evoluția a dus către coloniile mobile în care indivizii se pot întîlni sub formă de lanțuri lungi, ca rezultat al diviziunii neurmate de separare (ca la *Ceratium tripos*), prinse în mucilagii amorfe sau aranjate în colonii cu indivizi uniformi, care pot fi nediferențiați *(Gonium)* sau diferențiați după mărime, forme și funcții *(Volvox)*.

Cenobiile neflagelate sînt alcătuite din reuniunea a mai multor celule imobile, care tind să fuzioneze într-un singur organism, dar care își păstrează totuși individualitatea lor pronunțată. Așa sînt numeroasele specii de *Scenedesmus*, care alcătuiesc cenobii din 2, 4, 8 sau mai multe celule.

Substanțele chimice adăugate în mediu pot modifica morfologia unor alge. Un extract de drojdie (1,5%) și o cantitate de glucoză (0,1% în mediu) fac ca *Scenedesmus obliquus* să dea forme unicelulare,

←

Fig. 4. Tipurile morfologice
Alge monocelulare. Tip rizopodial: 1. *Rhizochrysis dofleinii* 2. *Rhizolekane* sp. Tip flagelat: 3. *Microgenla ovum.* Tip coccoidal: 4. *Selenastrum* sp. **Colonii flagelate, cenobii, forme tetrasporale.** Colonii: 5. *Gonium pectorale.* Cenobii: 6. *Crucigenia tetrapedia.* Tetrasporale: 7. *Merismopedia elegans.* **Alge pluricelulare.** Tip filamentos simplu: 8. *Spirulina contorta* 9. *Ulothrix zonata.* Tip filamentos ramificat 10. *Cladophora glomerata* a. tal b. zoosporangiofor cu zoospori. Tip sifonal 11. *Botrydium granulatum.* Tip parenchimatos 12. *Delesseria sanguinea.*

filamentoase și cenobiale pe același mediu de cultură.

Formele tetrasporale sînt alcătuite din celule lipsite complet de mobilitate și prinse între ele prin diferite mucilagii. Dacă vom vîsli la începutul verii pe Lacul Pustnicul sau pe Lacul Herăstrău și ne vom apleca să luăm, într-un borcan, puțin din apa albastră care ne înconjură barca, vom observa la microscop numeroase celule de *Microcystis*, în colonii masive, diforme, alcătuite din celule disperse. La alte specii, celulele pot fi așezate ca o sferă, la marginea substanțelor care le țin împreună *(Coelosphaerium)*, în pachete mici, dispuse în linii concentrice *(Gloeocapsa)*, sau în mase cubice provenite din diviziunea în trei planuri a unei celule *(Eucapsis)*.

c. *Algele pluricelulare.* Acestea cuprind *tipul filamentos simplu, tipul filamentos ramificat, tipul sifonal și tipul parenchimatos.*

Aspectul filamentos reprezintă tipul elementar de tal la speciile multicelulare. În forma sa cea mai simplă îl găsim la algele verzi, de tipul lui *Ulothrix* și la algele albastre *Nostoc* sau *Anabaena.*

Tipul filamentos ramificat prezintă trei subtipuri importante și anume : cu un singur filament *(Cladophora)*, cu mai multe filamente — *heterotric* — *(Coleochaete)* și alge la care filamentele iau adesea forma unui pseudoparenchim *(Ectocarpus ulvella)*.

Talul sifonal, caracterizat prin mărirea considerabilă a corpului plantei și printr-o structură multinucleară, se întîlnește în cadrul xantofitelor și al algelor verzi. Algele sifonale pot fi împărțite în trei mari grupe după particularitățile de structură : în hemisifonale (fam. *Cladophoraceae)*, cu sifoane divizate secundar în articole plurinucleate sau cel puțin separate unele față de altele, fără ciști sporogeni ; în eusifonale-cistosifonale *(Dasycladales)*, cu

sifoane fără pereți și cu ciști sporogeni care duc la aparență de ramificare, și în eusifonale tipice (fam. *Caulerpaceae)*, cu sifoane fără pereți și fără ciști sporogeni.

Talul parenchimatos prezintă fie forme foliacee *(Porphyra, Ulva)*, fie forme tubulare *(Schytosiphon)*. Cele mai simple taluri parenchimatoase se formează uniaxial, de la un singur sistem central de filamente, ca la *Ceramium.* Structurile parenchimatoase pot apărea atît la formele cu creștere difuză *(Ulvaceae)*, cît și la cele cu punct de creștere circumscris cum ar fi la *Laminariaceae* și *Fucaceae.*

Clasificarea acestor diverse forme pe care le exprimă tipul morfologic reprezintă o grupare care nu ține seama de legăturile de filogenie existente și ia drept criteriu principal aspectul exterior. Firește, acest criteriu nu este esențial dar oferă o mare maneabilitate și ușurință de interpretare ; el este foarte comod și probează, pe de o parte, influența condițiilor de mediu care au putut modela grupuri genetice deosebite, imprimîndu-le un anume aspect și, pe de altă parte, un anume mod de viață care va ușura înțelegerea problemelor de nutriție și de reproducere ale algelor, alături de cuprinderea unor foarte interesante aspecte de ecologie.

Nutriția

Ca toate plantele autotrofe, algele sintetizează materia organică grație procesului de asimilație clorofiliană. Cu toate acestea, privite în ansamblu, ele pot fi considerate omnitrofe, potențialul lor nutritiv variind de la fotoautotrofia obligată pînă la heterotrofia facultativă și la fagotrofie.

Pentru a se cunoaşte care combinaţii de elemente sînt folosite mai bine de către alge, în procesul de nutriţie, s-a utilizat pe scară largă cultura (în laborator) pe medii nutritive foarte diverse. Ca urmare a acestor experimentări s-au pus în evidenţă cîteva particularităţi de nutriţie în legătură cu principalele elemente care alcătuiesc hrana lumii vii.

Carbonul folosit de celula algală provine, în cea mai mare parte, din carbonul dizolvat în apă şi el este folosit în fenomenul de fotosinteză. Pentru că algele, în special cele unicelulare, îşi completează nutriţia autotrofă prin heterotrofie, carbonul poate, de asemenea, proveni din substanţele organice aflate în apă. Desigur, dacă algele pe care le studiem trăiesc pe sol, ele îşi vor lua bioxidul de carbon, care le este necesar, direct din aer.

Afinitatea faţă de carbon are o foarte mare importanţă în definirea noţiunilor de autotrofie, heterotrofie (cînd carbonul este asimilat exclusiv din materie organică şi cînd, după substratul-gazdă, algele pot fi saprofite sau parazite) şi mixotrofie (caz în care carbonul folosit provine atît din aer cît şi din produsele organice).

În biotopurile naturale sursele de *azot* utilizabile sînt foarte diverse şi constau în săruri de amoniu, în azotaţi, aminoacizi, baze purinice şi pirimidinice şi în derivaţi ai acestora. Cele mai multe specii, printre care *Chlamydomonas reinhardtii, Chlorella vulgaris* şi *Scenedesmus quadricauda,* specii foarte folosite în culturile în masă producătoare de proteine, utilizează azotul amoniacal, în primul rînd ; preferinţele între cele două forme ale azotului, amoniacală şi nitrică, depind în cele mai multe cazuri de pH-ul mediului : o reacţie acidă a acestuia favorizează, cu precădere, absorbţia azotaţilor. Există însă specii care, în orice condiţii, utilizează o singură formă de azot şi anume cea nitrică. Multe alge albastre sînt capabile să fixeze azotul atmosferic, lucru care a impus aceste specii drept „îngrăşăminte biologice" de mare valoare ale terenurilor arabile.

Fosforul este un element biogen indispensabil şi împreună cu azotul formează barierele limitative ale dezvoltării algelor. Absorbţia fosforului este rapidă şi afectată de factorii de mediu, dintre care bioxidul de carbon şi glucoza inhibă acumularea sa, iar acidul glicolic o stimulează.

Sulful este necesar în formarea clorofilei şi reprezintă, pentru multe diatomee, un stimulator de creştere foarte important.

Calciul se găseşte din abundenţă la suprafaţa unor alge tropicale sau mediteraneene cum ar fi *Halimeda, Udotea* sau *Corallinaceele.*

Firește, s-ar putea analiza fiecare element chimic cunoscut şi s-ar putea sublinia rolul lui în nutriţia algelor ; esenţial şi global însă acestea ar putea fi împărţite în elemente de structură (N, P, S, Si, Mg, K, F, S, Ba), elemente catalitice (Co, Cu, K, Mn, Zn) şi elemente electrochimice (Ca, Cl, K, Na).

Analiza concomitentă a compoziţiei mediului nutritiv şi a biomasei produse a permis stabilirea raportului cantitativ al diferitelor elemente, lucru foarte important pentru culturile de mari proporţii ; astfel pentru cultura de *Chlorella* raportul optim N : P : K : Mg : S este 1 : 0,46 : 4,18 : 0,75.

Toate aceste substanţe, împreună cu apa şi cu energia luminoasă, formează fundamentul procesului de fotosinteză. Transformarea bioxidului de carbon în glucoză (mai întîi şi apoi în substanţe derivate, proteine şi lipide) poate fi rezumată în formula $6CO_2 + 6H_2O + \frac{\text{energie luminoasă}}{\text{pigmenţi}} = \text{glucoză} + 6O_2$.

Procesul de fotosinteză începe odată cu receptarea energiei luminoase, care activează molecula de clorofilă și o face să expulzeze un număr mare de electroni încărcați cu o cantitate însemnată de energie. Această energie este transferată, prin mediatori numiți citocromi și prin intermediul vitaminei *K*, către locurile unde au loc procesele de fosforilare și procesul de reducere ale unei importante substanțe, numită difosfopiridinnucleotid. Paralel are loc și fenomenul de fotoliză a apei, cu transformarea acesteia în hidrogen (care servește la reducerea moleculei CO_2 fixată de un compus organic) și oxigen (eliminat sub formă liberă). Ionii expulzați din clorofilă, lipsiți de energia pe care au cedat-o substanțelor și proceselor descrise mai înainte, sînt reintegrați în clorofilă prin intermediul riboflavinei și al citocromilor I și II.

Alături de aceste reacții, care au loc la lumină, în fotosinteză se petrec și reacții de obscuritate care constau în reducerea CO_2 și în biosinteza hidraților de carbon cu ajutorul energiei din legăturile macroergice ale fosforului.

În transformările secundare (care se petrec foarte repede după fotosinteză, uneori concomitent cu glucogeneza) intervin elementele minerale pe care le-am amintit mai înainte pentru a produce substanțe cu molecule mari, inclusiv substanțe proteice.

Algele, după grupele genetice cărora aparțin, sintetizează substanțe proprii care le definesc. Astfel, algele albastre au ca produși de asimilare glicogenul și glicoproteinele ; euglenele, paramilonul și uleiul ; clorofitele și criptofitele, amidonul ; peridineele, amidonul și uleiul ; diatomeele, uleiul și volutina ; algele aurii, diferite zaharuri și ulei ; algele brune, acidul alginic, laminarina și grăsimile, iar algele roșii, agarul, caraghenul și amidonul floridian.

Firește, fotosinteza este dependentă de factorii de mediu (printre care lumina — intensitate și spectru — temperatura, salinitatea apei, concentrația în CO_2 și O_2 și elementele nutritive sînt cele mai importante), cît și de factorii interni (cum ar fi starea protoplasmei, numărul de plastide, raportul de pigmenți, permeabilitatea membranei).

Alături de fotosinteză, nutriția heterotrofă complementară este de asemenea de luat în discuție. Cele mai folosite substanțe sînt, în această postură, glucidele, acizii organici, alcoolii, acizii aminici și produșii derivați. Prin asimilarea acestora (care este oxidativă), principalii produși sintetizați (în proporție de 80%) sînt carbonații.

Hrănirea heterotrofă este de mare importanță în cazul culturilor algale, unde toate mijloacele trebuiesc folosite pentru a se obține cantități sporite de substanțe organice. Cu ajutorul ei se poate dirija, în celula algală, formarea acelor substanțe care pot fi interesante pentru oameni, în primul rînd formarea de proteine.

Legat de procesul de nutriție, procesele de creștere și de multiplicare celulară fac parte integrantă din marile probleme ale obținerii, prin intermediul algelor, a unor cantități uriașe de substanțe organice.

Procesul de înmulțire

Algele populează toate mediile cunoscute și trăiesc în condiții extrem de diversificate ; toate acestea au determinat apariția, la una și aceeași specie, a mai multor moduri de înmulțire, prin care s-a asigurat supraviețuirea ei și cucerirea de noi areale geografice. Cu toate acestea, numeroase întocmiri

cunoscute şi mijloacele diferite de realizare ale procesului de reproducere se încadrează în cele trei tipuri de înmulţire proprii lumii plantelor şi anume : înmulţirea *vegetativă*, înmulţirea *asexuată* şi înmulţirea *sexuată*.

De asemenea, începînd cu unele genuri din grupul algelor, se cunoaşte în lumea vegetală şi schimbul de generaţii, fenomen în care, în procesul de reproducere, apar, pentru fiecare specie, două forme deosebite fiziologic şi, în multe cazuri, deosebite chiar ca înfăţişare. În schimbul de generaţii, una din forme are celulele cu un număr simplu de cromozomi, produce gameţii şi se înmulţeşte sexuat, reprezentînd *gametofitul*, iar cealaltă are celulele cu număr dublu de cromozomi, produce spori şi formează *sporofitul*. Schimbul de generaţii este un fenomen prin care plantele îşi diversifică potenţialul de adaptare şi de supravieţuire facilitînd procesul evolutiv.

Cunoaşterea procesului de înmulţire înlesneşte înţelegerea vitalităţii deosebite a algelor şi permanenţa lor în toate mediile de viaţă.

a. *Înmulţirea vegetativă.* Acest tip de înmulţire se realizează prin intermediul unor germeni *nespecializaţi*, care se desprind de planta mamă, sau prin diviziunea directă a celulei.

Înmulţirea prin diviziunea celulară constă în împărţirea în două a celulei care, în condiţii favorabile de creştere şi dezvoltare, a atins o anume mărime ; ea este întîlnită mai ales la euglene, la algele verzi şi la diatomee. Algele albastre se înmulţesc de asemenea prin diviziunea celulară, fenomen care se realizează ca urmare a apariţiei unei diafragme, perpendiculară pe axa longitudinală a tilacoidelor din aparatul fotosintetizator ; de obicei, elementele noi formate rămîn alipite în colonii. La peridinee,

protoplasma şi carapacea se înjumătăţesc după un plan oblic, proces urmat de refacerea integrală a carapacelor.

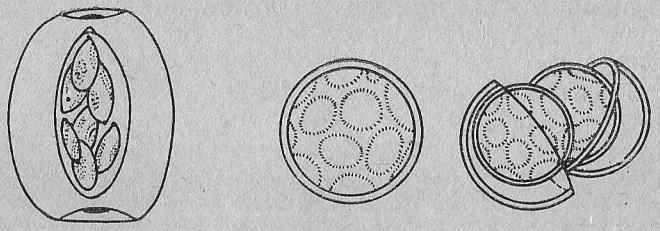
Dacă vom recolta în excursiile noastre probe de alge din turbării şi le vom privi la microscop, vom avea ocazia să observăm, la exemplarele din fam. *Desmidiaceelor* (care se recunosc uşor pentru că au corpul împărţit în două printr-un istm subţire), formarea a două celule-fiice prin apariţia unui perete, tocmai în acel punct în care protoplasma este mai puţin abundentă.

Posibilitatea de a da noi indivizi, plecînd de la fragmente de tal, există la principalele grupe de alge (albastre, roşii, brune şi verzi). Înmulţirea aceasta, prin fragmentare, se realizează de asemenea şi la algele coloniale, care prin întinderi şi contracţii succesive se pot împărţi, individualiza şi forma colonii diferite.

Tot în cadrul înmulţirii vegetative sînt trecute şi posibilităţile de multiplicare prin intermediul bulbililor, propagulelor (formaţiuni adventive întîlnite la algele brune şi la algele roşii), talidiilor (mici tubercule situate pe caulidiu sau chiar pe rizidiu la characee), hormogoanelor (fragmente pluricelulare foarte des întîlnite la algele albastre) şi achineţilor (celule vegetative care se încarcă cu substanţe de rezervă şi a căror membrană se îngroaşă, fără a altera protoplastul, care în condiţii favorabile va genera o nouă plantă).

b. *Înmulţirea asexuată.* Acest tip de înmulţire se realizează prin intermediul unor germeni *asexuaţi* dar specializaţi, cu sau fără mobilitate.

Prezenţa sau absenţa posibilităţii de mişcare, grosimea peretelui şi diverse alcătuiri morfologice de amănunt au determinat apariţia mai multor tipuri de spori (fig. 5).



A B

Fig. 5. Autospori. A. *Oocystis* B. *Diachros incrassata.*

Existența unei reproduceri asexuate presupune prezența a două feluri de indivizi, haploizi și diploizi, și a două feluri de elemente reproducătoare și anume spori direcți, produși fără meioză, care sînt haploizi *(n)* și dau indivizi haploizi *(n)*, sau pot proveni din indivizi diploizi și dau indivizi diploizi *(2n)* ; acești spori permit atît indivizilor haploizi cît și celor diploizi să se reproducă direct și asexuat. Un al doilea fel de spori sînt sporii reducționali produși de indivizi diploizi, cu reducere cromatică și generatori de indivizi haploizi. Ei permit indivizilor diploizi, care-i produc, să dea asexuat indivizi haploizi, asigurînd alternanța de generații.

Cei mai importanți spori sînt *zoosporii*, de formă rotundă, ovală sau alungită, înzestrați cu flageli sau cu cili. Numărul sporilor produși este destul de variat ; astfel, la *Oedogonium*, într-o celulă se formează un singur spor, la *Chlamydomonas*, 2—8, la *Cladophora*, cîteva sute, iar la *Ulothrix* sînt foarte numeroși și prezintă particularitatea de a avea două dimensiuni, ceea ce îi împarte în macro- și microspori. La *Oedogonium* zoosporii prezintă o cunună apicală de cili, care le dă o formă specială și denumirea de spori *stefanoconți.*

Aplanosporii sînt spori lipsiți de mobilitate și-i întîlnim la alge ca *Scenedesmus*, *Chlorella* sau *Chaetomorpha.* Cînd membrana lor celulară se îngroașă puternic, aplanosporii devin *hipnospori.* La algele brune și la algele roșii sînt caracteristice grupurile de 4 spori, care se formează într-un organ numit tetrasporangiofor, provenit din diviziunea unor celule de la suprafața talului.

Tot spori imobili sînt sporii caracteristici algelor roșii, inițiali nuzi, apoi acoperiți cu o membrană subțire, cunoscuți sub numele de *rodospori.*

Adesea, prin diviziunea conținutului celular rezultă spori care germinează într-o substanță mucilaginoasă, dînd un stadiu de palmelă și purtînd denumirea de *palmelospori.*

Heterociștii (ca și o categorie mai mică de *endospori* și *exospori)* sînt spori proprii algelor albastre și formarea lor se datorește îngroșării membranei și omogenizării protoplastului din celulele vegetative ale talului. Heterociștii au un mare rol în înmulțirea algelor albastre pentru că adesea ei facilitează ruperea hormogoanelor. Poziția lor este diferită la diverse specii : astfel, la *Rivularia coadunata* se găsesc la extremitatea filamentului, în timp ce la *Nodularia harveyana* heterociștii sînt intercalați printre celulele vegetative.

Prin diviziune celulară directă, celula diatomeelor devine din ce în ce mai mică și alga este amenințată cu degenerarea și dispariția. Acestea se înlătură prin apariția, la un moment dat, a așa-numitului *auxospor*, care se formează din restul de citoplasmă al diatomeei, prin acoperirea cu o membrană specială numită perizoniu. După o viață latentă, auxosporul crește, își constituie o carapace de siliciu și reia ciclul de dezvoltare al diatomeelor.

Tot ca spori pot fi consideraţi şi *chiştii*, forme de rezistenţă a plantelor unicelulare, care se formează prin retragerea flagelilor, prin contractarea protoplasmei şi prin apariţia unei noi membrane protectoare, mai groase (aşa cum se întîmplă la *Euglena).* Imediat ce condiţiile de viaţă devin favorabile, chistul reface planta care l-a generat, continuînd dezvoltarea întreruptă a individului. Deşi funcţia de protecţie a chistului este evidentă, el joacă, în acelaşi timp, indirect, şi un rol în multiplicarea şi răspîndirea speciilor.

c. *Înmulţirea sexuată.* Acest tip de înmulţire este rezultatul evoluţiei şi perfecţionării grupelor de alge, ceea ce explică frecvenţa sa în cadrul grupelor de alge roşii, verzi şi brune, lipsa sa totală la algele albastre şi foarte rara prezenţă la xantofite, crizofite şi peridinee.

Reproducerea sexuată se realizează prin gameţi, fie diferenţiaţi din punct de vedere morfologic în macro- şi microgameţi (primii de obicei fiind gameţi feminini cu multă materie de rezervă), fie cu potenţe fiziologice deosebite dar identici ca aspect. În general, în fecundaţie participă un singur gamet matern şi un singur gamet patern, dar fenomenul de spermie întîlnit la *Fucus*, în care mai mulţi gameţi masculi fecundează un singur gamet femel pentru a forma zigotul, este destul de frecvent.

Dacă gameţii sînt morfologic identici, dar cu potenţe fiziologice şi sexuale diferite, avem o izogamie. În mod obişnuit are loc un schimb de izogameţi între mai multe filamente care fenotipic şi fiziologic se comportă ca indivizi materni sau paterni ; foarte rare sînt cazurile în care ambele elemente sexuale genitoare ale zigotului aparţin unui singur filament.

Conjugatele au un mod caracteristic de formare a gameţilor şi de realizare a copulării (fig. 6). Gameţii iau naştere, de obicei, în interiorul celulelor vegetale prin condensarea întregului protoplast. Copularea are loc între doi gameţi şi la ea participă activ o bună parte a filamentelor partenere care, prin poziţia pe care o iau, înlesnesc contactul şi fac posibilă fecundarea şi formarea zigotului. Mătasea broaştei, care face parte din conjugatele filamentoase, reprezintă cel mai bine acest proces de înmulţire numit cistogamie (conjugare) scalariformă, pentru că sugerează foarte clar imaginea unei scări, prin aşezarea faţă în faţă a două filamente şi unirea celulelor lor prin canale orizontale.

Anizogamia presupune o deosebire morfologică între cei doi gameţi. La *Chlamydomonas braunii* gameţii au dimensiuni complet diferite şi, de asemenea, forme diferite. Macrogameţii sînt voluminoşi şi rotunzi, iar microgameţii sînt fusiformi şi de talie redusă.

O anizogamie pronunţată, în care gametul feminin este foarte mare şi imobil, purtînd numele de oosferă, dă un al treilea tip de înmulţire sexuată numit *oogamie.* Cele mai evoluate alge au acest fel de înmulţire, la care există diferite alcătuiri, cele mai complicate şi adaptative întîlnindu-se la *Characeae* şi la *Phaeophyta.*

d. *Schimbul de generaţii şi sexualitatea.* Schimbul de generaţii (care se întîlneşte la multe din speciile de alge) este un mecanism natural de dezvoltare şi de răspîndire care îmbracă la unele specii diverse stadii sub care forma iniţială se identifică cu greutate.

Unirea unui gamet feminin cu unul masculin duce la formarea zigotului cu un număr dublu de cromozomi ($2n$ = diploid). Indivizii proveniţi dintr-un ase-

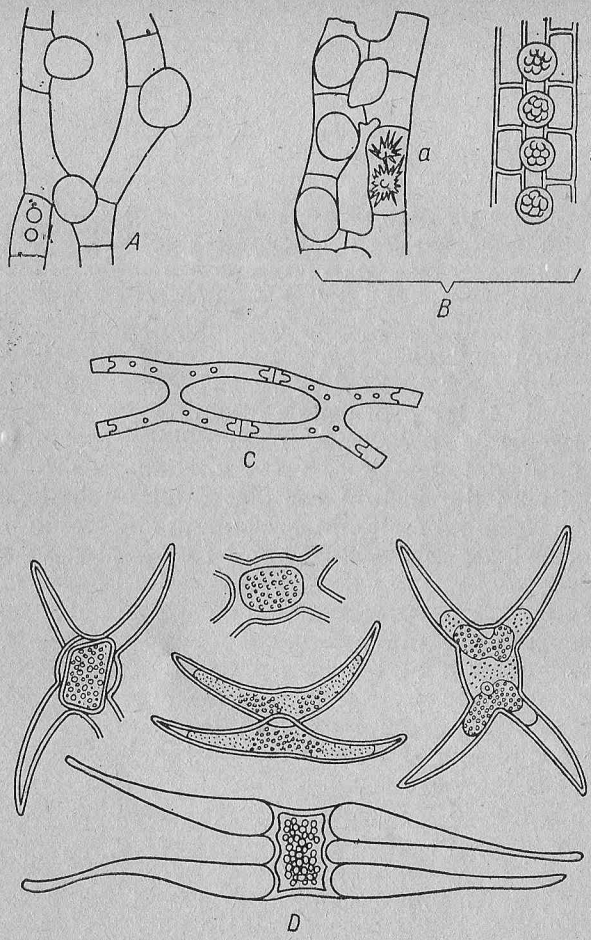


Fig. 6. Înmulțirea sexuată (prin conjugare)
A. *Zygnema pectinatum* B. *Zygnema stellinum* ; a. conjugare anizogamă ; b. conjugare izogamă C. *Debarya hardyi* D. Faze în conjugare la *Closterium*.

menea zigot (care se divide fără reducere cromozomială, adică mitotic) dau indivizi diploizi și alcătuiesc generația sporofită. Indivizii care iau naștere prin diviziuni reducționale (meiotice) petrecute fie la nivelul zigotului, fie la nivelul sporului, dau generația gametofită (*n* cromozomi) formatoare de gameți ; aceștia, prin unire, dau zigotul 2*n* și permit nașterea generației sporofite. Firește, descrierea prezentă este numai o schematizare a alternanței de generații ; ciclurile sînt în fapt mult mai complicate și diverse. Profesorul român Grințescu susținea ideea că trei tipuri de generații sînt reprezentative pentru alge și anume schimbul facultativ omolog, care era un schimb neregulat între o generație sexuată și 1-n generații asexuate (ca la *Oedogonium* sau *Ulothrix)* ; schimbul obligatoriu omolog, în care o generație sexuată succede o generație asexuată (ca la algele roșii ale ord. *Nemalionales* sau la alga verde *Coleochaete)*, și schimbul obligator antitetic, în care o generație este haploidă, iar cealaltă diploidă (ca la unele alge roșii din clasa Florideelor). În realitate, ciclurile sînt încă și mai complicate și în multe cazuri dezvoltarea unei singure specii reprezintă un adevărat tip.

În procesul de înmulțire, ca și în cadrul ciclurilor evolutive, sexualitatea are o foarte mare importanță pentru că poate sublinia potența gameților și a filamentelor care intră în copulație. Exprimarea ei genotipică sau fenotipică este foarte importantă în culturile de alge și în lucrările de genetică în care se caută crearea și selecționarea de sușe sau de hibrizi.

Într-adevăr, hibridarea este un proces încă nu suficient exploatat în lumea algelor, un fenomen

care poate duce la crearea de forme care să acumuleze în celula lor o mare cantitate de proteine.

S-au putut obține germeni viabili prin încrucișări în ambele sensuri ale lui *Fucus serratus* cu *Fucus vesiculosus*, ale unei specii de *Fucus* cu *Ascophyllum nodosum* sau ale speciei *Chara ceratophylla* cu *Chara foetida*. Există chiar o formă diploidă și partenogenetică (creată fără fecundație) a speciei *Chara crinita*, care se presupune a fi un hibrid natural obținut prin încrucișarea dintre *Chara crinita* și un individ al unei specii necunoscute. Fenomenul de hibridare este semnalat și la unele alge care se pretează la cultură în masă, printre care *Ulva*, *Spirogyra* și *Chlamydomonas*.

Foarte important pentru dirijarea procesului de înmulțire este și fenomenul de partenogeneză, întîlnit frecvent la specii ale genurilor *Ectocarpus*, *Vaucheria*, *Chara* sau *Ulothrix*. Partenogeneza poate fi provocată în condiții experimentale prin intermediul diferitelor substanțe chimice sau prin folosirea unui anume mediu de cultură. Astfel, gameții gata de copulare de la *Spirogyra* se transformă în partenospori în prezența unei soluții de zaharoză (6%). Manipularea aceasta a fenomenului de reproducere, cu implicații genetice, este de importanță deosebită în perspectiva culturilor de alge, în care să se obțină cantități uriașe de proteine.

Cunoașterea întregului mecanism al înmulțirii, a tuturor labirintelor prin care algele pot să-și sporească numărul și cantitatea, adaptările și compoziția, plecînd tocmai de la forța genetică a plantelor, evidențiază importanța deosebită a cunoașterii fenomenului de reproducere și pregătește posibilitatea obținerii unor ritmuri ridicate și a unei multiplicări abundente.

Mișcarea și sensibilitatea

Pentru a cunoaște în amănunțime viața algelor trebuie să studiem și fenomenul de mișcare, ritmurile lor endogene, sensibilitatea și tot ceea ce ține de fiziologia orientării lor în spațiu. Mișcarea algelor se efectuează fie prin acțiunea flagelului (formă de mobilitate caracteristică algelor verzi, euglenofitelor, xantofitelor și dinofitelor), fie prin eliminare de mucilagii și alunecare, ca la algele albastre, fie prin mișcarea citoplasmei, caz foarte cunoscut la diatomee, unde curgerea permanentă a protoplastului și contactul acestuia cu apa, prin deschizătura carcasei de siliciu (rafa), amintește mersul șenilelor de tractor.

Fenomenul de mișcare cuprinde o gamă întreagă de forme, care merg de la rostogolirea în spirală (ca la *Nitzschia)* la mișcări de îngrămădire, de agregare și de contracție în masă, caracteristice algelor albastre. În timpul alunecării (care este o mișcare de contact cvasipermanent cu un substrat solid sau semisolid), întreaga suprafață algală poate produce secreții compacte, ceea ce face ca filamentul să capete o mișcare accelerată. La cianofitele cu heterocişti *(Anabaena cylindrica)* sistemul de mobilitate nu este continuu ca la *Oscillatoria*, de pildă, ci este propriu fiecărei celule. Mecanismul de mișcare se realizează fie prin contracția în formă de valuri a filamentelor, bazată pe existența unor numeroase microfibrile neîntrerupte, așezate în formă de elice în jurul filamentului principal al talului, fie prin expulzarea de mucilagii.

Mișcarea, ca și alte fenomene fiziologice, se supune unei anume periodicități, care este comandată fie de factori endogeni, fie de factori externi.

Ritmurile endogene cele mai reprezentative sînt : **a.** ritmurile diurne care afectează fotosinteza, respirația, diviziunea celulară și fototaxia ; **b.** ritmurile lunare, prezente în cazul eliberării de gameți și **c.** ritmurile determinate de maree.

Într-o alternare normală de lumină și de întuneric, capacitatea fotosintetică la *Chlorella* își are maximum în jurul orei 10. Același maxim se obține timp îndelungat chiar dacă — între anumite limite strînse — perioadele de lumină și întuneric variază.

În condiții naturale există o ritmicitate a diviziunii celulare și perioade optime pentru aceasta. Astfel, la unele peridinee, diviziunea se petrece numai noaptea, la *Ulva* și *Enteromorpha*, numai în zorii zilei ; sporularea la *Oedogonium cardiacum* se produce numai la amiază și continuă să respecte aceleași ore chiar dacă alga este supusă în permanență unor temperaturi și lumini constante. De altfel, o caracteristică a ritmurilor biologice este relativa lor independență față de temperatură. De asemenea, între anumite limite, ritmurile sînt constante la prezența în mediu a unor inhibitori, cum ar fi cloramfenicolul sau colchicina.

Cercetări românești de finețe (dr. Lucia Polescu) au pus în evidență, la *Chlorella coelastroides*, existența unei ritmicități în sinteza pigmenților clorofilieni și a acizilor nucleici.

Ritmurile determinate de maree sînt foarte spectaculoase ; diatomee ca *Pleurosigma* și *Hantzschia* vin pe litoral în timpul mareei joase ; ele continuă să se miște la suprafață chiar cînd sînt transferate în laborator, reacție care este explicată de aglutinarea celulelor în timpul fazei fototactice și de împiedicarea manifestării acestui fenomen atunci cînd marea acoperă alga.

Sensibilitatea algelor este un fenomen ce poate fi pus în evidență prin mișcările tactice care pot fi de sens (și se numesc topice) sau de șoc provocate de prezența sursei și de schimbarea de intensitate (numite fobice).

Fototactismul este prezent mai cu seamă la algele mobile cărora le poate determina sensul mișcării. La *Ulva* ritmul de diviziune endogen de care am vorbit poate să fie asociat cu fototactismul zoosporilor. Dacă în vacanțe excursiile ne poartă la mare, putem experimenta acest fototactism cu ușurință. Să punem un tal de *Ulva* într-un vas cu apă, lîngă fereastră și să ne sculăm devreme, odată cu ridicarea soarelui din valuri. Vom vedea că lumina proiectată prin geam este semnalul de eliberare al zoosporilor care se vor aduna către peretele luminat lăsînd albe, spre mărturie, marginile algei golite de prețiosul conținut ce asigură înmulțirea speciei.

Fototaxia s-a dovedit responsabilă pentru mișcările ritmice ale unor organisme fitoplanctonice. În apele unor fiorduri norvegiene s-a observat că peridinee din genul *Ceratium* migrează către adîncuri ziua (avînd un fototropism negativ), pentru a se înălța la suprafața apei noaptea ; este numai un exemplu de reacție la intensitatea luminii, care trebuie completat cu mișcările (de sens invers) observate la unele flagelate, care coboară în sedimente noaptea spre a se ridica în timpul zilei. Lumina determină o sensibilitate nu numai a plantei ca întreg, ci și a tuturor organitelor acesteia, în parte. O lumină puternică va face ca plastidele brune ale algei *Laminaria* să se grupeze de-a lungul pereților laterali, paralel cu iluminarea, ca o reacție a plantei față de intensitatea puternică a luminii care amenință să altereze aparatul clorofilian.

Unele peridinee *(Pouchetia, Protopsis)* au organite specializate pentru recepționarea luminii, mult mai perfecționate decît stigma, pată roșie-fotosensibilă, caracteristică mai ales euglenofitelor (și al cărui rol este controversat) ; aceste organite cuprind un pigment negru învelit într-un fel de lentilă și sînt cunoscute sub numele de oceli. Alcătuirea lor și denumirea dată ne duc cu gîndul la originea comună a plantelor și animalelor, care trebuie să fi avut strămoșii în grupe foarte apropiate cu aceste peridinee.

Există și o sensibilitate determinată de substanțele chimice, o *chemotaxie*. Astfel, *Polytoma uvella* are reacții chemotactice față de numeroși acizi organici monobazici, saturați și nesaturați, față de alcoolii primari, de eteri, de aldehide și de cetone. Chemotaxia este aproape generală față de un număr important de ioni anorganici printre care, în primul rînd, *O*, *K* și *Mg*. În acest caz, chemotactismul reprezintă o adaptare superioară, prin care speciile care-l posedă reușesc să deosebească condițiile bune de trai de condițiile vătămătoare, pe acestea din urmă evitîndu-le prin intermediul sensului negativ al acestui mecanism.

Prezența în substrat a unor substanțe inhibitoare sau antibiotice, cum ar fi teramicina, tiolutina, gliotaxina, streptomicina sau aminotriazolul, poate fi evitată, între anumite limite, de algele cu reacții chemotactice. Firește, în spații limitate, concentrarea inhibitorilor și a antibioticelor devine periculoasă.

Există desigur și multe alte taxii care au fost studiate la grupa algelor, o *galvanotaxie* (răspunsul poate fi pozitiv-anodic sau negativ-catodic), o *termotaxie* (cu reacții în general negative), o *tigmotaxie* (inducerea prin contact, cel mai adesea negativă) sau o *geotaxie* legată de forța de magnetism. Toate acestea vin să sublinieze sensibilitatea (inerentă, de altfel, întregii materii vii) pe care o manifestă grupul algelor și care, cunoscută, permite alcătuirea acelui mediu de existență și de nutriție care să realizeze uzina vie de proteine pe care savanții o imaginează și încearcă s-o pună în funcțiune.

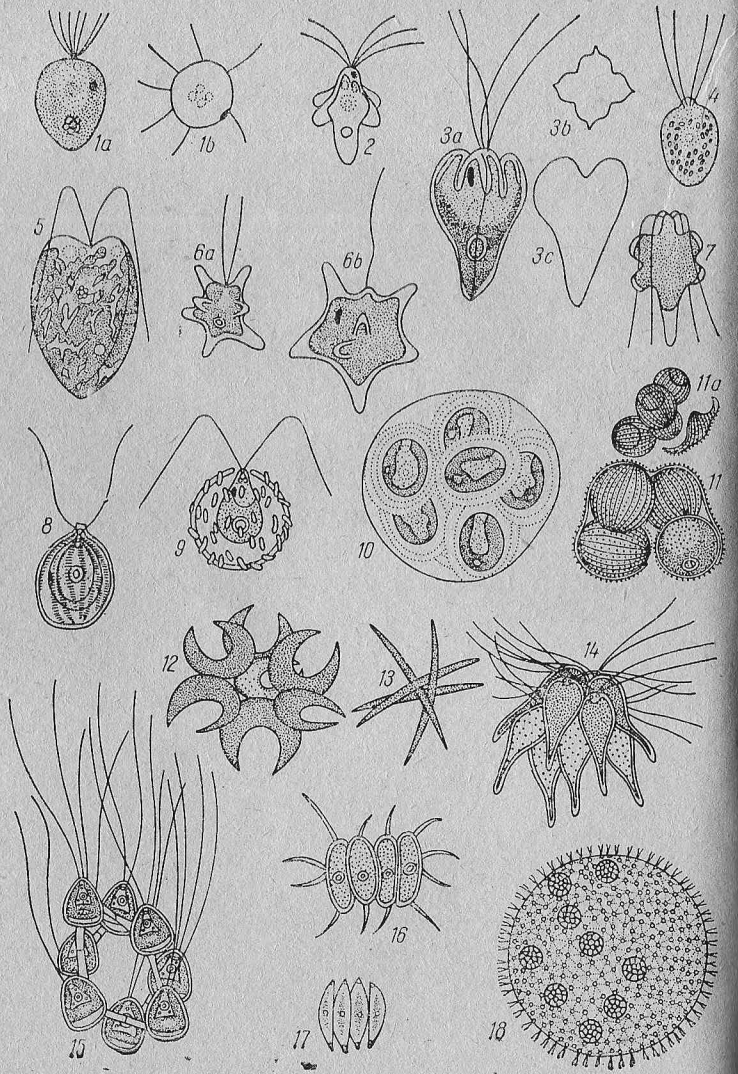
Aria de răspîndire a algelor. Elemente de ecologie algală

Algele sînt organisme ubicviste și ele pot fi întîlnite chiar și în medii dintre cele mai nepriitoare pentru viață, cum ar fi zăpezile eterne, apele termale, spațiile cavernicole și terenurile de frontieră ale nisipurilor călătoare. Raiul lor se găsește însă în apele imensului Ocean Planetar, unde va trebui să le căutăm pentru a le cunoaște, pentru a le studia, pentru a le pescui și pentru a le folosi, în interesul umanității.

Biotopurile naturale fundamentale pe care le oferă apele algelor sînt *bentalul*, care reprezintă fundul bazinului, *pelagialul*, totalitatea masei libere de apă, și *neustonul*, pelicula superficială a apei, care grație tensiunii de suprafață servește drept suport formațiunilor biologice alcătuite, în principal, din microalge.

Dar pentru a cunoaște cît mai multe specii ale acestui univers vegetal și pentru a le urmări îndeaproape cerințele față de mediu, să împărțim algele în două grupe mari, după salinitatea apelor în care trăiesc și pe care le folosesc :

a. *Algele de apă dulce.* În această grupare vom cuprinde nu numai speciile care trăiesc în apele



curgătoare sau în iazuri, bălți și lacuri, ci și algele care trăiesc pe sol, în mediul aerian, pe alte plante și... chiar pe zăpadă. Într-adevăr, straturile de zăpadă pot adăposti numeroase alge din genurile *Ankistrodesmus*, *Selenastrum*, *Scenedesmus*, *Hormidium*, *Chlorella* sau *Chlamydomonas* (fig. 7). O specie a acestei ultime alge verzi, și anume *Chlamydomonas nivalis*, are, alături de clorofilă, foarte mulți carotinoizi care-i dau o culoare roșiatică creînd adevărate pete roșii pe strălucirea albă a zăpezii. Și o altă algă verde, *Haematococcus pluvialis*, conține mulți pigmenți roșii (hematocrom); atunci cînd picăturile de ploaie o aduc pe pământ din atmosferă, unde se găsește obișnuit, în văi se formează minuscule șiroaie roșietice: așa se nasc, pentru ignoranți, superstițiile și „ploile cu sînge".

La suprafața solului întîlnim adesea colonii de alge unicelulare prinse în șiraguri și acoperite de un strat protector de mucilagii, pe care poporul le-a numit „cleiul pământului" *(Nostoc)*. De altfel, algele albastre se găsesc din abundență în flora solului, inclusiv formele filamentoase din răspînditele genuri *Oscillatoria* și *Phormidium* (care se deosebește de primul, în principal, prin prezența unei teci-anvelopă a întregului șir de celule). Alături de ele se află numeroase diatomee, cum ar fi cele

←

Fig. 7. Alge verzi de apă dulce

1. *Polyblepharides fragariiformis*; a. frontal; b. apical; 2. *Chloraster gyranus*; 3. *Pyramimonas acuta*; a. frontal; b. secțiune transversală; c. secțiune longitudinală; 4. *Polytomella agilis*; 5. *Phyllariochloris coeca*; 6. *Chloroceras corniferum*; o celulă cu doi flageli; b. celulă cu un flagel; 7. *Chlorobrachis gracillima*; 8. *Pedinoperopsis gracilis*; 9. *Coccomonas orbicularis*; 10. *Gloeocystis bacillus*; 11. *Coelastrella striolata*, cenobiu adult; a. autosporulație; 12. *Selenastrum bibraianum*; 13. *Ankistrodesmus falcatus*; 14. *Pyrobotrys sp*; 15. *Corone bohemica*; 16. *Scenedesmus tenuispina*; 17. *Scenedesmus incrassatus*; 18. *Volvox aureus*.

din genurile *Frustulia*, *Navicula*, *Melosira* și *Pinnularia* (fig. 8), precum și alte alge, dintre cele mai diferite.

În heleștee, în bălți și lacuri, întîlnim adesea covoare întinse de alge verzi, mai ales de *Spirogyra*, de *Cladophora* și de *Ulothrix*. Printre acestea își fac loc numeroase populații de diatomee, de euglene, criptofite și de peridinee, toate folosind drept hrană peștilor fitofagi.

În același covor algal, care spre sfîrșitul verii atinge maximum de dezvoltare, vom întîlni numeroase alge albastre filamentoase și specii ale genului *Oedogonium*, al cărui tal simplu poate fi recunoscut cu ușurință (cu o lupă ceva mai puternică), pentru că celulele care urmează să se dividă au în partea superioară un fel de caschete caracteristice. Dacă vom pune la microscop fragmente din pîsla verde a apelor vom identifica și pe *Zygnema*, după aspectul cromatoforului format din două plastide în formă de stea, așezate în jurul unui pirenoid, de o parte și de alta a nucleului, și pe *Mougeotia*, cu 1—2 plastide lungi, cu numeroși pirenoizi lineari și cu zigotul format în canalul care unește filamentele partenere.

Adesea, apele acestor iazuri „înfloresc", termen prin care se înțelege, în acest caz, o exuberantă înmulțire numerică. Probele de apă pe care le puteți recolta, să spunem, din Lacul Pustnicul, la început

——→

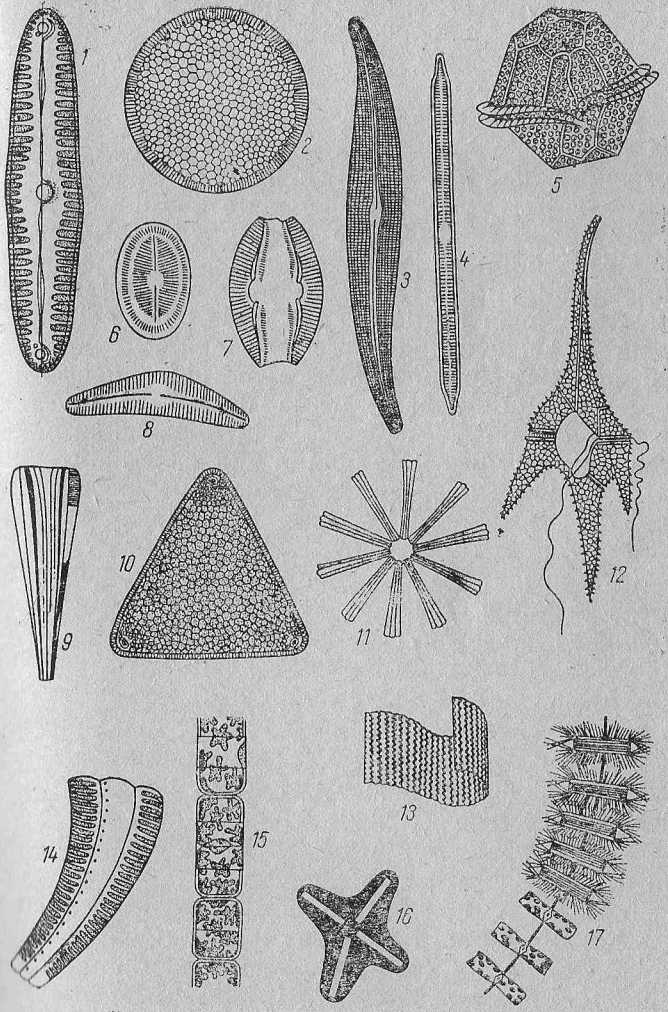


Fig. 8. Diatomee și peridinee

1. *Pinnularia viridis* ; 2. *Coscinodiscus excentricus* ; 3. *Gyrosigma attenuatum* ; 4. *Synedra ulna* ; 5. *Surirella capronii* ; 6. *Cocconeis placentula* ; 7. *Amphora ovalis* ; 8. *Cymbella cistula* ; 9. *Goniodoma acuminatum* ; 10. *Triceratium distinctum* ; 11. *Asterionella gracillima* ; 12. *Ceratium hirundinella* ; 13. *Bacillaria paradoxa* ; 14. *Rhoicosphenia curvata* ; 15. *Melosira arenaria* ; 16. *Tabellaria sp.* (în teacă de mucilagiu) ; 17. ***Thalassiosira sp.***

de vară, vă vor arăta (la microscop) numeroase celule, fie de diatomee, fie din coloniile fără sfîrșit ale algelor albastre, mai ales ale genurilor *Microcystis* și *Anabaena*.

Fitoplanctonul de care am vorbit este răspîndit în toată masa apei, de la suprafață pînă la fundul bazinului, fără a fi repartizat uniform în toată grosimea acestei zone. Cea mai mare densitate a fitoplanctonului se realizează în pătura în care intensitatea luminii se apropie de valoarea optimă a fotosintezei ; în apele cu transparență scăzută, algele trăiesc în cantități apreciabile doar, cel mult, pînă la 10 metri adîncime. Dacă vă veți cufunda cu aparatul autonom al scafandrului modern în apele lacului de baraj de la Bicaz, veți observa, prin recoltare de material, că fitoplanctonul are cea mai mare densitate pînă la 5 m, că scade treptat pînă la 20 de m, de unde numărul de specii și de indivizi se micșorează brusc (pînă la dispariție), către 70 de m.

În lacuri, mai cu seamă, întîlnim și alge epifitice ; de multe ori pe trestie *(Phragmites)*, pe nufăr *(Nuphar)*, pe lintiță *(Lemna)* sau pe sîrmuliță *(Vallisneria)* se instalează multe alge cum ar fi *Synedra*, *Characium* și mai ales *Eunotia* și *Cocconeis*. Preferințele unei specii sînt uneori așa de marcante încît putem fi siguri că pe frunze de rogoz *(Carex)* găsim mai ales diatomee din genul *Gomphonema*, iar pe minusculele frunze de lintiță mai ales *Cocconeis*, a cărei formă ne amintește de scuturile medievale.

În apele termale întîlnim alge, mai cu seamă pe cele din grupul colorat în albastru *(Cyanophyta)*. În gheizerile din Parcul Național Yellowstone s-au întîlnit, la peste 80°C, specii din genurile *Gloeocapsa (G. yellowstonense)*, *Phormidium* și *Synechococcus*.

Tot algele albastre oferă și cele mai multe specii și indivizi pentru mediul criofil pe care, de altfel, l-am mai amintit și atunci cînd am vorbit de petele roșii provocate de *Chlamydomonas nivalis*.

Avem acum ocazia să explicăm și alte culori care apar pe zăpadă : cea albăstruie este datorită speciilor de *Gloeothece*, cea neagră indică prezența unor asociații dominante de *Aphanocapsa nivale* și *Carteria györffyi*, culoarea galben-verzuie este dată de *Chlamydomonas flavo-virens*, iar cea verde aparține, de obicei, lui *Raphidonema tatrae* sau *R. viretti*.

b. *Algele marine.* În biotopul marin algele macrofite sînt cu mult mai numeroase decît cele care trăiesc în apele dulci și prezintă un mare interes economic. Firește, fitoplanctonul marin joacă același rol esențial în viața oceanelor și a umanității, prin cantitățile enorme de substanțe organice și de oxigen pe care le oferă Terrei. Ca și algele dulcicole (și chiar mai mult decît acestea, din cauza imensității și a diversității bazinelor pe care le ocupă), algele din mări și din oceane suferă influența factorilor de mediu (ecologici). Astfel, pentru a lua cîteva exemple, să observăm că lumina determină o anumită zonare a speciilor care se face, de multe ori, mai ales în funcție de pigmentul receptor ; temperatura (adesea în strînsă legătură cu luminozitatea) imprimă algelor o dezvoltare sezonieră care trebuie cunoscută de cei care se aventurează în larg (sau numai în apele litorale), pentru a le strînge și a le da o destinație practică. Mai putem adăuga aici — ca factori ecologici influenți — nutrienții, substratul, agitarea apei, emersiunea, salinitatea, turbiditatea și, foarte important, legătu-

rile care se creează în biocenoze şi prin care celelalte vieţuitoare modelează numărul de indivizi şi preferă anumite specii de alge.

Un studiu aprofundat al condiţiilor de mediu în care se desfăşoară viaţa algelor trebuie, desigur, făcut de specialişti. Pentru a-l imagina ne mulţumim să reluăm cîteva din observaţiile făcute la M. Neagră de un renumit algolog român, colegul nostru dr. Adrian Bavaru.

Cercetările au arătat că un substrat supus abraziunii (care se degradează rapid sub acţiunea apei) este defavorabil fixării şi creşterii algelor, generează fenomenul de turbiditate şi face astfel să scadă transparenţa apei. În acelaşi timp, particulele fine din suspensie se depun pe suprafaţa algelor împiedicînd desfăşurarea normală a proceselor lor fiziologice, în primul rînd a fotosintezei.

Rocile cu structură heterogenă, cu suprafaţa inegală, sînt mai favorabile fixării algelor decît rocile dure şi omogene, cu suprafaţa netedă ; în aceste locuri vom găsi cantităţi abundente de alge. Substratul rugos este chiar obligatoriu pentru unele dintre ele, cum ar fi *Blidingia marginata* şi pentru multe din speciile genului *Enteromorpha*. Există, firește, şi alge care se dezvoltă pe suprafeţe netede, lucru observat în centura de vegetaţie a litoralului nostru la alga roşie *Bangia fuscopurpurea*, care nu a fost întîlnită niciodată pe o suprafaţă rugoasă ; nici speciile de *Cystoseira* nu preferă substratul care are pe suprafaţă prea multe anfractuozităţi.

Substratul mobil (pietros, nisipos, nisipo-mîlos sau mîl fin) este în general nefavorabil dezvoltării unei flore algale. Pe fundul nisipos din chiuvetele litorale se dezvoltă *Microcoleus chtonoplastes*, care aglomerează nisipul între filamentele sale şi-l transformă într-un substrat rezistent, suport al dezvoltării altor alge (specii de *Enteromorpha*, *Cladophora* sau *Ceramium*). În locuri adăpostite, aşa cum este bazinul de la Capul Midia, cel de la Costineşti etc., nisipul mîlos constituie un substrat puţin favorabil dezvoltării (doar unele specii de *Vaucheria* au fost întîlnite aici). În aceleaşi locuri, mîlul negru, bogat în materii organice, este cu totul defavorabil dezvoltării algelor.

O mare importanţă pentru productivitatea florei algale prezintă rezistenţa manifestată faţă de uscăciune de către speciile limitrofe ţărmului, în perioadele în care submersiunea sau umiditatea (atmosferică şi cea adusă de valuri) sînt absente. În acest caz, forma de crustă a talului de la cîteva alge, printre care *Ralfsia verrucosa* şi *Cruoriella dubyi*, este favorabilă reţinerii apei, mărind rezistenţa la uscăciune.

Algele albastre, care la ţărmurile Mării Negre constituie elementele principale ale asociaţiilor supralitorale, alcătuind aşa-numita „zonă neagră", reprezintă exemplul cel mai elocvent de rezistenţă la uscăciune, de adaptare la o viaţă în cea mai mare parte emersă, ca şi la variaţii extreme de salinitate. Formele filamentoase ale speciilor de *Calothrix* sau *Isocystis*, frecvente la litoralul nostru, se dezvoltă sub forma unui gazon scurt, gelatinos, ce constituie o crustă continuă neagră-verzuie, în a căror teacă mucilaginoasă se reţine o mare cantitate de apă. La *Rivularia atra*, trichoamele formează grupe emisferice gelatinoase în care umiditatea se acumulează în cantitate mare şi este cedată foarte greu.

Viaţa endolitică reprezintă de asemenea o adaptare a algelor litorale la condiţiile nefavorabile produse de emersiune şi de uscăciune ; la ţărmul nostru este cazul algelor albastre *Mastigocoelus testarum*, *Hyella caespitosa*, precum şi al unor alge

verzi cum ar fi *Gomontia polyrhiza*, *Ostreobium queckettii* sau *Phaeophila engleri*.

Dacă vrem să cunoaștem cîteva din cele mai frecvente alge marine să folosim aceeași visată vacanță de vară, pe însorita plajă de la Mamaia sau de la Mangalia. În jocul continuu al apelor care revarsă valuri înspumate peste cozonacii de nisip ai copiilor, marea lasă pe țărm nenumărate alge. Să le culegem și să le așezăm cu grijă pe filele albe ale unui herbar. Vom avea astfel adunate și sălățica de mare *(Ulva lactuca)*, pe care o vom identifica după talul său lat, cu marginile ușor ondulate, gelatinos și de culoare verde și după alcătuirea ei (va trebui totuși să facem o secțiune !) bistratificată, care o deosebește de speciile de *Enteromorpha*, mereu cu talul alcătuit dintr-un singur strat de celule ; și *Chaetomorpha linum*, care se prezintă ca niște fire lungi și încîlcite, și *Cladophora utriculosa*, o algă verde care pare a avea ramuri și frunze. Algele roșii (ele vor fi cele mai numeroase) sînt reprezentate mai ales de speciile genurilor *Ceramium*, *Callithamnion*, *Phyllophora* și *Dasya*, iar dintre algele brune vom putea să strîngem specii de *Pelvetia* (fig. 9 A), *Cystoseira* (fig. 9 B) și de *Fucus*.

Să întocmim file de herbar cu toate aceste plante pentru că multe din algele de care vorbim și-au împuținat simțitor numărul și (deși n-o dorim, și facem totul pentru a proteja mediul) există posibilitatea ca unele dintre ele să dispară de la litoralul nostru.

Din relatările conf. dr. doc. Maria Celan, care lucrează de mult timp la țărmul românesc al M. Negre, pînă în jurul anului 1946 s-a putut observa existența unei vegetații extrem de bogată și de densă de *Cystoseira* care acoperea, în întregime, fără întrerupere, sudul stîncos al litoralului românesc,

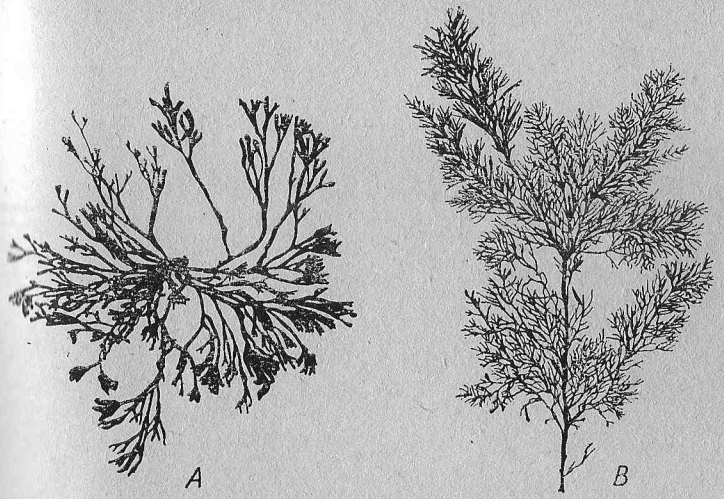


Fig. 9. *Pelvetia canaliculata* (A) ; *Cystoseira barbata* (B).

pînă la o adîncime de 3—4 metri. Fertilitatea acestor cîmpuri se aprecia cu ușurință, acum 25—30 ani, prin masa algelor pe care furtunile le aruncau pe plaje, formînd cu ele un adevărat dig de 1—1,5 m înălțime și de pînă la 2 m lățime. În afară de *Cystoseira* erau scoase la suprafață și numeroase alge roșii, mai ales specii de *Laurencia* și *Polysiphonia*.

Cîmpurile de *Cystoseira* au un rol important în protecția coastei pentru că ele amortizează șocurile valurilor ; lucrul acesta se poate observa cu ușurință la țărmurile Americii unde există bariere întinse de *Cystoseira* și *Macrocystis*.

Astăzi — la litoralul nostru — după cum o relevă cercetările curente, dispariția acestor cîmpuri de alge permite valurilor să lovească cu putere malul

argilos și să aducă în apă cantități impresionante de suspensii. Aceleași cîmpuri de alge brune, pe care le regretăm, constituiau o protecție eficace pentru germenii și pentru talurile tinere în dezvoltare ale algelor și în general pentru întreaga floră și faună bentică.

Algele verzi au ocupat într-o oarecare măsură locul cîmpurilor de *Cystoseira* de altădată, dar au făcut-o timid și într-o succesiune sezonieră (fig. 10) care le-a imprimat un caracter de efemeritate.

Pentru că dorim să vorbim despre răspîndirea algelor în întreaga lume, să menționăm și cîteva din cele pe care n-avem ocazia să le vedem la Marea Neagră. Pe bancurile de la Saint-Marc găsim alga roșie *Calliblepharis ciliata*, cu filamente încîlcite, pline de țepi mici, luînd de multe ori forma unor capete de păsări ciudate. Primăvara și vara, dezvoltarea ei este mare, cedînd apoi locul unei alge roșii, *Bornetia secundiflora*, mai rezistentă la temperaturile scăzute. Pe coastele Oceanului Atlantic cresc alge de talie mare, pe care le întîlnim mai ales în genul *Laminaria*. Filidiul de la specia *Laminaria saccharina* poate ajunge la mai bine de 10 m lungime, iar creșterea ei zilnică este impresionantă, în unele perioade depășind 10 cm. Pe coastele Africii, în golful Agadir, oamenii culeg de pe pietrele litoralului o algă spongioasă de talie mare, de 30—50 cm lungime, cu ramificații cilindrice, aplatizată către vîrfuri. Este *Codium elongatum*, una din algele comestibile pe care le adăpostește țărmul marocan. În Oceanul Pacific trăiește unul din giganții lumii vegetale, alga brună numită *Macrocystis pyrifera*, a cărei lungime este imensă, măsurînd uneori peste 200 de metri.

Deși, cercetînd apele marine, am vorbit, cu predilecție, despre speciile macrofite, o resubliniem,

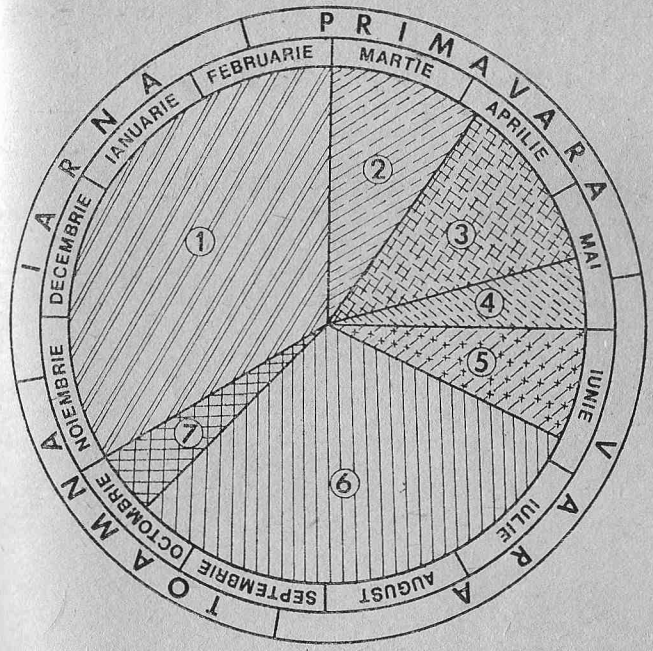


Fig. 10. Succesiunea algelor verzi macrofite la M. Neagră (genuri și specii dominante)

1. *Urospora, Ulothrix, Elidingia, Gomontia, Rhizoclonium, Ostreobium* ; 2. *Ulva lactuca* și speciile de *Enteromorpha* ; 3. *Cladophora* ; 4. *Chaetomorpha* ; 5. *Bryopsis* ; 6. *Entocladia viridis* ; 7. *Enteromorpha intestinalis* (adaptat după dr. A. Bavaru).

algele microfite sînt numeroase și au un rol extrem de important. Aproape pretutindeni în aceste ape găsim specii de *Chlorella* și *Carteria*, frumoasele șiraguri ale lui *Skeletonema*, forma de frunză a peridineei *Prorocentrum*, coloniile cu coarne ale lui *Chaetoceras* sau auria algă *Chrysochromulina*.

Charles Darwin, pe vremea cînd înconjura lumea la bordul vasului Beagle, nota o foarte expresivă opinie asupra importanței algelor în apele Oceanului. „Cred, spunea el, că dacă undeva într-o țară oarecare, ar fi distruse pădurile, n-ar pieri o cantitate așa de mare de animale, ca aici, în cazul distrugerii algelor. Printre «frunzele» acestor plante trăiesc o mulțime de specii de pești mărunți, moluște, feluriți crabi, arici de mare, stele de mare, holoturi, planarii și nereide de cele mai variate forme, care nicăieri în altă parte nu ar găsi hrană și adăpost...“

LA CE FOLOSESC ALGELE

Compoziția chimică

Pentru a ști la ce pot fi folosite algele este nevoie, firește, să aflăm care sînt componentele principale ale acestor plante și să cunoaștem natura chimică a compușilor lor.

Rezultatele analizelor chimice, care stabilesc proporțiile între glucide, proteine, lipide, săruri minerale și apă, vor fi — cum este ușor de înțeles — diferite de la specie la specie, iar în culturile de laborator ele vor oscila în funcție de mediul de nutriție și de proveniența genetică a sușelor.

Un studiu amănunțit făcut asupra cîtorva din cele mai întrebuințate specii în culturile de laborator a arătat că, de exemplu, alga verde *Stigeoclonium*, care dădea o biomasă maximă de 43,4 g/m^2 în 24 de ore, avea azot în proporție de 8,24 din materia uscată (ceea ce echivalează cu 51,5% proteină), 1% grăsimi, 11% hidrocarbonați, 7,6% cenușă etc.; digestibilitatea proteinelor varia între 63% (tripsina) și 80% (pepsina), iar valoarea calorică a unui kg. de substanță uscată trecea de 5 500 de calorii.

Procentul de proteine din alge poate să atingă valori și mai mari decît în cazul descris mai înainte, mai ales la grupa algelor albastre *(Spirulina* are specii cu peste 70% proteine). În aceste proteine algale se află toți aminoacizii esențiali. Astfel, la *Dunaliella salina,* specie descoperită de fiziologul român Emanuel Teodorescu, în apele Lacului Sărat de lîngă Brăila, lizina se găsește în procent de 4,71 (față de azotul total), histidina de 5,89, arginina 9,74, serina 1,52, glicina 2,44, acidul glutamic 3,35, acidul aspartic 3,54, treonina 2,56, alanina 9,27 și... această enumerare poate continua pentru a ajunge la procentul total de 46,76.

În ceea ce privește calitatea aminoacizilor din alge, ea se poate compara cu cea din ouăle de găină și se apropie de conținutul celor mai bune proteine de origine animală ; de asemenea, valoarea nutritivă a proteinelor algale este cel puțin egală cu cea a proteinelor din laptele praf.

Alga roșie *Phyllophora nervosa,* care se găsește din abundență și în M. Neagră, conține proteine de tipul albuminelor, globulinelor și gluteinelor. Globulinele de la algele roșii sînt specifice și au în alcătuire foarte mulți aminoacizi (aproximativ 20), legați de pigmenții ficobilinici.

În special diatomeele, dar și multe din algele care plutesc în fitoplanctonul apelor, adună în celula lor cantități însemnate de grăsime. Procentul poate ajunge la 34 la *Rhabdonema adriaticum,* și variază între 14—35 la *Scenedesmus acutiformis,* după mediu și după intensitatea luminii care acționează puternic asupra acestor alge. Cele mai cunoscute steride din celula algală (esteri ai acizilor grași cu monoalcooli superiori) sînt fucosterolul (întîlnit la

Fucus, Pelvetia, Cladophora), sargasterolul *(Sargassum ringolianum),* colesterolul (la alge roșii ca *Rhodymenia, Chondrus, Rhodomela)* sau izofucosterolul, identificat în comuna noastră algă de la M. Neagră, *Enteromorpha intestinalis.* Valoarea nutritivă a algelor este influențată favorabil de calitatea lipidelor conținute și de cantitatea sporită de acizi grași saturați (comparativ cu alte furaje de origine vegetală).

Algele, în special cele marine, au un conținut ridicat în polizaharide, lucru foarte important, pentru că specificitatea acestora le recomandă în diferite industrii. Cel mai remarcabil component algal este acidul alginic, la care se adaugă sărurile sale, agarul și caraghenul (polioză formată din două fracțiuni K și λ). Acidul alginic, împreună cu toate sărurile sale metalice și cu toți derivații săi organici sînt cunoscuți sub numele general de alginați.

Agarul, care este un copolimer al D-galactozei cu 3,6-anhidro-L-galactoză, esterificat într-o anumită proporție cu acidul sulfuric, se extrage din algele roșii, în principal din specii de *Gelidium* și *Eucheuma.* Cantitățile de agar extrase depășesc 2 000 de tone anual, iar producția globală de alginați se evaluează la peste 30 000 de tone (aceștia din urmă se extrag mai ales din specii de *Laminaria, Macrocystis* și *Ascophyllum).*

Agarul (numit încă agar-agar) este insolubil la rece în stare uscată dar solubil în apă caldă ; diluat în soluție (1—2%) rămîne lichid la o temperatură care variază între 3—58°C. Gelul său se topește la 90—100°C.

Dintre constituenții polizaharidici ai algelor mai amintim glucanii (se prezintă sub forma unor granule rotunde, dispuse în straturi și formate în exte-

riorul plastidelor), fucoidina (extrasă din *Fucus* și *Laminaria*), care este un amestec de galactoză, xiloză, acid glucuronic și fucoză, laminarina (formată din două polizaharide, laminaritolul și laminaroza) și D-manitolul. Enumerarea acestor substanțe (dintre cele mai importante !) sugerează, cu siguranță, diversitatea și numărul mare de substanțe polizaharidice existente în alge. Cantitatea glucidelor totale este variabilă și poate atinge uneori valori de peste 35%. Obișnuit însă, procentul glucidelor nu trece peste limita intervalului de 10—15 (2/3 dintre acestea fiind pentosani).

Algele conțin vitamine în cantități care pot fi echivalente cu cele întîlnite în legumele și fructele cunoscute nouă. Analizele chimice au arătat prezența riboflavinei (vitamina $B_2 = 25$ μg/g), a vitaminei *PP*, a vitaminei B_6, a vitaminei *C* (peste 3 000 μg/g), a vitaminei *D* (1 000 μg/g), a acidului folic, a biotinei și a vitaminei *A*, adesea prezentă în cantități mai mari decît cele conținute de unt.

În compoziția algelor, mai ales a celor brune (dar și la multe alge roșii și verzi), se găsesc compuși fenolici care se aseamănă cu taninurile și care sînt depozitați în niște vezicule colorate numite fisode.

Algele sînt importante și pentru conținutul lor anorganic ; în fapt, primele întrebuințări ale algelor au fost legate tocmai de cantitățile mari de sodiu și de iod existente în celula unor alge macrofite. Sodiul și potasiul se obțineau, înainte ca salpetrul de Chile să fi fost exploatat și înainte ca tehnica chimiei să fi pus la punct procedeele de fabricare sintetică, din arderea algelor : așa se „fabrica" așanumita sodă de Varech, de Barilla sau Kelp-ul.

Dintre metalele conținute în alge menționăm cantitățile mari de calciu (230 mg/g), (în special la

algele roșii), de magneziu (38 mg/g), potasiu și mangan. În cenușa unor alge (procentul acesteia variază între 18—20 la *Fucus* și este de aproximativ 60% la *Padina pavonia*, algă puternic calcificată) s-a găsit un maximum de 27 mg/g Na și 40 mg/g.

În ceea ce privește conținutul în brom și iod, acesta este așa de mare la unele specii, încît permite o exploatare industrială chiar și în zilele noastre (cu mulți ani în urmă, algele erau principala sursă de obținere a acestor halogeni).

Acumularea însemnată de iod în cenușa de *Phyllophora nervosa* (peste 1,3%) a făcut ca la Odesa (în apropierea căreia alga respectivă este abundentă) să funcționeze o fabrică în care acest element se extrage în cantități însemnate ; filidiile de *Laminaria* și de *Cystoseira* conțin procente apreciabile de brom (care se pot exploata într-un regim semieconomic).

Tabloul pe care am încercat să-l redăm poate fi ilustrativ pentru toți aceia care doresc să folosească algele și care vor fi nevoiți pentru aceasta să cunoască, în amănunțime, compoziția lor chimică. Ei vor trebui mai întîi să consulte atît *Tratatul de algologie* cît și *Chimia algelor marine*, două din cărțile cele mai interesante care s-au tipărit în acest domeniu în țara noastră, iar apoi — pe baza cunoștințelor teoretice pe care și le vor însuși, și plecînd de la ele — să realizeze singuri (sau cu ajutorul laboratoarelor de specialitate) analizele necesare pentru fiecare specie folosită.

Pentru a îndrepta însă pe cititori către aceste cercetări de chimie aplicată, să arătăm, mai întîi, domeniile în care algele sînt utilizate și perspectivele dezvoltării acestor domenii.

Materie primă pentru industrie

Alginații folosesc drept materie primă pentru numeroase industrii și pentru diferite ramuri meșteșugărești.

În *industria alimentară* se întrebuințează ca agenți de îngroșare, gelificare, emulsionare, stabilizare și adezivitate ; ei determină o mai bună cristalizare a zaharurilor, a apei și a sărurilor și funcționează ca agenți antioxidanți. Pentru toate acestea, alginații sînt utilizați la creșterea viscozității cremelor, a supelor, a sosurilor, la fabricarea bomboanelor, a marmeladei și a gelurilor, la prepararea sucurilor de fructe, a lactatelor (lapte bătut, iaurt), a mezelurilor, a diverselor conserve, la conservarea peștelui ; cașcavalului și cremelor de brînză, alginații le conferă o elasticitate și o rezistență crescută.

Esterul propilen-gliconic al alginatului de natriu este utilizat la prepararea băuturilor acidulate, la fabricarea șerbetului, a înghețatei și a aspicului. Printre cei mai cunoscuți alginați se găsesc Al-Sett-S (amestec de alginat de natriu și fosfor, folosit ca stabilizator pentru înghețată), Al-Ceel (necesar la fabricarea sucurilor de roșii și a supelor), Lamizell-ul (amestec de alginați de natriu și de calciu, întrebuințat la prepararea alimentelor cărora le conferă o fluiditate adecvată) și manitolul, folosit, între altele, la prepararea hranei pentru diabetici și la fabricarea gumei de mestecat.

Agaroizii cei mai căutați în alimentație sînt furcelarianul, obținut din specii de *Furcellaria* și *Eucheuma*, și filoforanul, extras din specii de *Phyllophora*, *Gloiopeltis*, *Iridea* și *Suhria*.

În *industria cosmetică*, calitățile de stabilizare-emulsionare-îngroșare și proprietățile de agenți de suspensie au făcut ca extrasele algale să fie folosite

la prepararea unor paste de dinți, loțiuni, cremă pentru mîini, pomade, creme de bărbierit, săpunuri, șamponuri, spreiuri și detergenți.

În *industria textilă*, calitatea de impermeabilizator a alginaților, alături de cea legată de posibilitatea de a stabiliza culorile, este cea mai folositoare. Alginații funcționează aici și ca agenți de îngroșare, de încleiere și de apretare. Pastele de imprimare (cunoscute sub denumirea comercială de Manutex și avînd ca bază alginatul de sodiu) sînt utilizate pe scară largă în înfloritoarea industrie a țesăturilor.

Se pot realiza — in extremis — și materiale textile ignifuge și insensibile la soluțiile alcaline, din combinațiile diferiților alginați cu beriliul și cu cromul. Cel mai adesea însă, fibrele de alginați nu au durabilitatea necesară și sînt folosite numai ca fibre-mulaj pentru țesăturile fantezii. Pentru că substanțele slab alcaline au proprietatea de a solubiliza fibrele de alginați de calciu, acestea din urmă sînt folosite ca suport pentru firele fine de lînă, bumbac, nailon sau vîscoză. După ce se torc împreună, alginatul de calciu se înlătură și rămîne o țesătură spumoasă și elegantă. În mod aproape similar, alginatul de calciu este întrebuințat ca fir de legătură la fabricarea continuă a unor tricotaje cum ar fi puloverele, ciorapii sau fularele.

Industria de hîrtie întrebuințează alginații în cantități foarte mari, în primul rînd ca adaosuri la fabricarea diferitelor tipuri de hîrtie, dar și pentru calitățile lor de îngroșanți de cleiuri, stabilizatori de emulsii, de suspensii și de pigmenți și de protectori ai suprafețelor pe care le acoperă.

Din alge se obțin cartoane ondulate, hîrtii parafinate sau hîrtii de ambalaj. În fabricarea acestora, cînd nu se pleacă de la alge, polizaharidele algale se aplică pentru a limita pătrunderea lichidelor,

pentru a reduce și standardiza impregnarea adezivilor în carton (cu o scădere a consumului specific de adezivi) și pentru a uniformiza luciul suprafeței pe care o acoperă continuu și o face rezistentă la apă, ulei și grăsimi. Firește, procesul de fabricație al diferitelor produse hîrtie-carton este foarte complicat și el presupune folosirea unui procent de 2—5 alginați, în adaos cu amidon, cu polimeri sintetici, cu proteine din soia, cu siliconi și caolini etc.

Actualmente, în lume, peste 100 de mii de tone de alge (în principal din genurile *Cladophora, Chaetomorpha, Enteromorpha, Vaucheria, Phyllophora, Rhizoclonium, Fucus, Sargassum, Ascophyllum* și *Cystoseira)* sînt destinate fabricilor de hîrtie. Ca un amănunt, adăugăm că pentru prepararea hîrtiei veline și hîrtiei de pergament, algelor, care fierb, li se adaugă 25% maculatură ; cartonul gudronat și foarte diversificatul material de tapetat se numără și ele printre produsele ce pot fi obținute din alge.

Industria pielăriei folosește alginații ca agenți de apret și ca agenți de finisare ai impermeabilizării, ca stabilizatori și fixatori ai pigmenților ; de asemenea, la fabricarea de paste de curățat, de ceruri și de creme. Pentru obținerea unor produse superioare din piele, suprafața acestora se apretează cu alginați înainte de a se trata cu rășini.

Industria farmaceutică utilizează alginații bazîndu-se, în primul rînd, pe proprietatea lor de a fi hemostatici, de a stabiliza suspensiile, de a avea acțiune antibiotică și de a acționa ca agent de îmbibare și ca liant. Alginații sînt materii prime la fabricarea unor paste de dinți, a învelitorilor pentru tablete, a drajeurilor, a unor siropuri și pansamente. În laboratoarele de tehnică dentară, alginații (alginatul Manucol) sînt utilizați la realizarea protezelor, iar în lucrările pretențioase, cum ar fi

implantările și punțile fixe, ei sînt singurele materiale utilizabile.

Pansamentele, catgutul și vata hemostatică, preparate pe bază de alge, au calități foarte apreciate care le fac să nu se lipească de răni și să se resoarbă fără a fi necesar să se extragă din plăgile pe care le acoperă.

Industria farmaceutică folosește în multe părți procedeul japonez de sporire a productivității organismelor, care creează antibioticele, prin adăugarea, în mediile nutritive ale acestora, a unor sușe selecționate de alge.

În *industria de construcții* alginații servesc, în primul rînd, ca izolanți fonici și termici, pentru lubrefierea jetului de ciment îngroșat și ca agenți retardanți ai prizelor acestuia.

În *industria șlefuitului* se utilizează foarte mult kiselgurul sau pămîntelul, praful format din carapacea diatomeelor. În Statele Unite, producția de kiselgur (care se extrage din depozite ce s-au găsit pe vechile funduri de apă) a depășit 300 000 tone anual. Trebuie să amintim că acest kiselgur, datorită marii sale puteri de absorbție a nitroglicerinei, a contribuit la succesul suedezului Alfred Nobel în fabricarea dinamitei.

În *ceramică și în pictură* alginații de tipul Collatex (alginat de amoniu) și Welgum sînt folosiți ca agenți de îngroșare, de dispersie, de fixare și ca factori plastifianți și peliculogeni. Ei stabilizează pigmenții și acționează ca lianți și ca lubrefianți, folosind la fabricarea diferitelor mulaje și pămînturi speciale, a emailurilor, pigmenților și vopselelor, precum și a cărămizilor refractare.

În *industria fotografică* alginații sînt folosiți la fabricarea peliculei fotosensibile, hîrtia obținută fiind de calitate superioară.

Industria vinului și alcoolului găsește în alginați decantori și clarificatori de importanță majoră, iar *industria electrică* fabrică electrozii necesari sudurilor cu ajutorul alginaților de tipul Welgum.

Gama de folosire pe scară largă (ceea ce se poate asimila cu „pe scară industrială") a alginaților este foarte diversă și ea n-a putut fi prinsă în întregime în schița de mai sus. Am putea să mai adăugăm că, în laboratoarele de microbiologie, agar-agarul este materialul de bază pentru pregătirea mediilor de cultură solide și el a devenit indispensabil pentru analizele sanitare de rutină făcute pentru probarea calității apei și a laptelui ; în cercetarea științifică, agarul este folosit ca substanță de încorporare pentru materialul ce urmează să fie secționat la microtom, ca vehiculator al fitohormonilor de creștere (testul standard *Avena)*, ca vehiculator al detergenților și pesticidelor în diferite experimentări și drept coagulant pentru precipitarea sulfatului de bariu în laboratoarele de chimie și de medicină.

Alginații se folosesc în galvanoplastia cu plumb (pentru a optimiza depunerea acestuia), la fabricarea bateriilor de acumulatoare submarine și la obținerea unor hidrografe sensibile. Prin fierberea unor alge ca *Rhizoclonium* și *Cladophora* se poate obține — dintr-o tonă de material vegetal — o cantitate de aproximativ 36 litri alcool etilic de 96°, dar și acetonă sau alcool butilic ; resturile din această distilare se folosesc în industria hîrtiei. După cum se vede, șirul utilizării alginaților este foarte lung...

* *
*

Industria solicită din ce în ce mai mult diversificarea producției de alginați, pentru a-i introduce

creațiile în labirintul nesfîrșit de invenții, prin care omenirea clădește bunuri din ce în ce mai utile, mai frumoase, mai inedite. Dar cantitatea alginaților utilizați în fiecare an (și pe care am evaluat-o la peste 30 000 de tone) este încă mult sub posibilitățile pe care Oceanul Planetar le ascunde în adîncurile sale ! Rezerva mondială de alge roșii și de alge brune trece probabil de 300 de milioane de tone, din care mai puțin de 1% din fondul de creștere anual se valorifică industrial. Chiar dacă nu întreaga cantitate menționată este producătoare de alginați, se înțelege cu ușurință că volumul acestora este (în natură !) cu mult mai mare decît cel exploatat în prezent.

Îngrășăminte în agricultură

De multă vreme țările care au ieșire la mare strîng algele, pe care valurile le risipesc generos pe maluri, pentru a îngrășa cu ele terenurile agricole, pășunile și viile.

Folosirea algelor marine în agricultură a avut și are ca suport material compoziția lor chimică, comparabilă cu cea a gunoiului de grajd (față de care are avantajul unei mai bogate și mai diverse substanțe organice, fără a egala însă conținutul său de fosfați ; potasiul și azoții sînt în cantități care se pot echivala). Din 1 000 de tone de alge brune, în stare umedă, se obțin 80—90 tone de alginați, 40 tone de săruri de potasiu, 30 de tone de alte săruri minerale, o tonă de iod și o jumătate de tonă de brom, toate materiale fertilizante pentru sol. Unele alge roșii (mai ales cele din familia *Corallinaceae*, abundente în M. Mediterană) sînt puternic calcificate ; prin conținutul lor în calciu ele pot

fi folosite ca amendamente, pentru solurile cu reacție acidă. Microelementele, atît de utile recoltelor, mai ales *Fe, Cu, Zn* și *Mn*, și substanțele organice de tipul auxinelor, giberelinelor și enzimelor sînt cuprinse în masa algelor care le duce în substrat și le vehiculează către plantele agricole, spre a fi prelucrate sau înglobate ca atare.

În pămînturile uscate, îngrășămintele algale afînează pătura superficială și absorb și păstrează către adînc umiditatea; prin bacteriile azotofixatoare, pe care le poartă pe tal, asigură, în acest caz, și o îngrășare suplimentară în azot.

În Franța, algele brune utilizate ca îngrășămînt poartă numele de „goemon", iar algele roșii pe care le încorporează în sol francezii, spaniolii și portughezii (în mare parte calcaroase) se cheamă „le maërl".

Pentru că algele, în starea lor obișnuită, nu pot înlocui în totalitate îngrășămintele folosite în culturile agricole, ele se asociază deopotrivă cu îngrășămintele organice clasice și (mai ales!) cu cele chimice. Valorificarea superioară a algelor în acest domeniu este posibilă ca urmare a prelucrării lor după metode care le fac mai eficiente și care le dau o tentă de îngrășămînt deja „patentat" și verificat.

În California, Societatea Ocean Lab s-a specializat în obținerea unor pulberi și a unei paste cu granulații foarte fine din alge. Zeci de mii de tone de *Macrocystis* sînt pescuite și trimise în asemenea fabrici de îngrășăminte, unde se inventează și se diversifică noi preparate, pentru a fi lansate în producție.

Fabrica Stephenson (Anglia) a introdus — mai cu seamă pentru producția de legume timpurii — produsele Maxicrop și Babycrop constituite din extracte algale. Ele s-au dovedit superioare îngrășămintelor minerale și au dat producții ridicate, atît prin simpla lor administrare cît, mai ales, prin unirea efectului lor favorabil cu cel al NKP și al microelementelor.

Îngrășămintele algale folosite în agricultură au un rol antidăunător marcant. Stropirile extraradiculare au inhibat populațiile de afide iar utilizarea în solul plantațiilor de vie a îngrășămintelor algale a îndepărtat pericolul atacului de filoxeră; culturile de cartofi de pe solurile nisipoase sînt protejate față de prezența dăunătorilor prin aplicarea acestor îngrășăminte.

Talurile de *Laminaria hyperborea* incluse în sol au dus la sporuri semnificative în culturile norvegiene de sfeclă de zahăr, napi și conopidă, iar diverse extracte algale (în diluții de la 0,5—1%) au favorizat procesul de germinare al semințelor. Folosirea algelor albastre (din genurile *Nostoc, Aulosira, Anabaena, Scytonema)* în orezăriile din Japonia și din sudul Asiei a pus în evidență o mare acumulare de azot și sporiri considerabile ale recoltei (cu aproximativ 22% în anul al patrulea de la inocularea algelor în cultură), probînd rolul de fixator de azot al algelor albastre (speciile de *Anabaena* pot aduce anual în sol pînă la 130 kg azot/ha).

Algele culese se încorporează în pămînt toamna sau se usucă și se păstrează pentru îngrășarea de primăvară. Înainte de a fi folosite, algele se umezesc și se așază în straturi alternante cu gunoiul de grajd, în așa fel încît ele să formeze cele două „capace" ale acestui „doboș" formator de humus gras, negru și fertil.

Folosirea algelor în testarea gradului de aprovizionare a solului cu elemente nutritive constituie o metodă suficientă (și rapidă) pentru a da indicații

cu privire la cunoașterea dozelor optime de îngrășăminte necesare pentru un anume teren. Metoda a fost pusă la punct de mai multă vreme, cu specii diferite de alge, printre care diatomeea *Pinnularia*, alga albastră *Oscillatoria amoena* și algele verzi *Scenedesmus*, *Chlamydomonas* și *Pleurococcus*. În România, prof. N. Sălăgeanu și colaboratorii săi au perfecționat această metodă și au indicat specia *Chlamydomonas reinhardtii* ca cea mai reprezentativă pentru a cunoaște nevoile solului în elemente nutritive.

Metoda constă în recoltarea mai multor probe de sol din cîmp și alcătuirea unui eșantion mediu care servește la efectuarea, în multiple variante, a testării fertilității. Proba de sol se cerne prin sită și se introduce în cutii Petri, în cantități egale (30 sau 50 g). Unor probe li se adaugă, în cantități cunoscute, săruri minerale sub formă de soluții, apoi toate variantele se umectează cu apă distilată pînă la capacitatea maximă de reținere a solului ; deasupra pămîntului din cutiile Petri se așază un strat de nisip fin cernut și spălat, acoperit cu o rondelă de filtru izolatoare, deasupra căreia se pune o nouă rondelă de hîrtie de filtru cu pori foarte mici (diametrul de 3—3,5 μ). Cîntărită în prealabil la balanța analitică, rondela se însămînțează cu o cultură pură de *Chlamydomonas reinhardtii*, care va beneficia de o lumină de 5 000—8 000 lucși și care, în 3—4 zile, se dezvoltă potrivit substanțelor nutritive cuprinse de sol. Uscarea rondelelor se realizează fie la termostat, la o temperatură de 35—37°C, fie la temperatura camerei, prin așezarea lor pe fire de sîrmă inoxidabilă. După uscare se cîntăresc din nou, greutatea în plus reprezentînd biomasa produsă : aceasta este relativ mare, cînd alga are nutriția completă și este mai scăzută acolo unde lipsește

una sau mai multe substanțe minerale (care se identifică prin numărul de variante folosite). O oarecare apreciere a creșterii algelor se poate face și după intensitatea culorii verzi a hîrtiei de filtru.

Proteine algale pentru zootehnie

Unitățile moderne zootehnice care s-au creat pretutindeni în lume, ca urmare a creșterii necesităților de hrană a oamenilor, au concentrat pe teritorii reduse efective numeroase de animale, pentru care trebuie asigurate cantități foarte mari de furaje, bogate în substanțe proteice.

Problema găsirii de noi surse de proteine, în contextul în care suprafețele agricole cultivate și creșterea producției medii la hectar sînt limitate în raport cu ridicarea substanțială a nivelului de trai și — în același timp — cu explozia demografică din secolul XX, a devenit astfel una din cele mai dificile probleme de rezolvat. Plecînd de la procentele existente, de la compoziția celulei algale (socotită a fi, în medie, după prof. dr. Mircea Dinu, 50% proteină, 33% glucide, 5% lipide, 10% substanțe minerale, vitamine, principii active, 3% alte substanțe) și de la succesele dobîndite în diferite sisteme de cultură, posibilitatea ca algele să intre în cantități mari în rațiile animalelor suscită speranțe dintre cele mai îndreptățite.

Țări maritime ca Norvegia, Islanda, Noua Zeelandă, U.R.S.S., Japonia sau Filipine folosesc de mult algele în alimentația bovinelor, cailor, porcilor, oilor și păsărilor de curte. Specii de *Fucus*, *Laminaria*, *Alaria*, *Chorda*, *Pelvetia*, *Phyllophora*, *Cladophora* sau *Ulva* sînt transformate în nutreturi gustoase și foarte hrănitoare conținînd caroteni, to-

coferoli, vitamine din complexul B, aminoacizi esențiali, și elemente minerale care, împreună cu grupele principale de substanțe organice, ajung să întreacă valoarea nutritivă a multor furaje, inclusiv a orzului.

Pentru prepararea algelor în scopul de a fi folosite în rația animalelor sînt recomandate mai multe metode. Una dintre ele presupune cufundarea algelor marine într-o soluție de 1% acid clorhidric, timp de 12 ore, după care acestea urmează să se spele cu apă curată și să se usuce la 30—50°C ; în alte părți, algele se pun pentru o scurtă durată (aproximativ 15') în butoaie care conțin soluție de lapte de var (4—5 g CaO la litru), după care se spală și se usucă în cuptoare speciale, la temperaturi nu prea ridicate ; sînt și variante în care algele se așază în alternanță cu straturi de pămînt, se lasă cîteva zile în aceste grămezi, se spală, apoi se mărunțesc și se opăresc cu apă fierbinte, după care se administrează împreună cu alte furaje.

Alături de aceste prelucrări „artizane", care se recomandă mai cu seamă micilor gospodării limitrofe țărmului, industria construiește uzine speciale în care urmează să se fabrice cantități mari de îngrășăminte algale pentru animale. În U.R.S.S., aproape de Marea Barentz, există o astfel de uzină care folosește ca materie primă mii de tone de alge anual, din care rezultă o foarte apreciată făină de *Fucus*. Funcționează de asemenea paralel cu aceste uzine și instalații speciale care produc aproape 10 tone de alge prelucrate pe zi, acoperind necesarul de nutreț proteic și de vitamine pentru 2 000 de taurine și 5 000 de porci. În multe părți ale Statelor Unite există mari stații-pilot pentru producerea, prelucrarea și conservarea algelor, în scopul

acoperirii nevoilor de furaj. Produsele rezultate se administrează la poligastrice odată cu apa de băut, la suine se includ în nutrețul combinat, iar la păsări, în funcție de specie, se aplică sub formă de făină granulată sau sub formă de pastă.

În Japonia algele sînt folosite pentru porcine, congelate și fermentate și sub formă de pastă (obținută prin precipitare cu alaun și centrifugare) la puii de păsări. În ultimul timp suspensiile de alge unicelulare, de o anume densitate, sînt recomandate tot mai insistent ca adaos de hrană în zootehnie.

Combinația între rațiile normale și făina de *Laminaria hyperborea* a dat rezultate foarte bune în avicultură. Administrarea algei *Chlorella* în hrana unor pui de 14 săptămîni a dus la un spor în greutate de 18% față de martor, iar consumul de hrană pentru unitatea de spor a fost mai redus, cu 17%, ca urmare a eficienței dovedită de coeficientul de valorificare a hranei.

Folosirea biomasei uscate de alge unicelulare *(Chlorella* și *Scenedesmus)* în proporție de 25% din valoarea proteică a rației (14% din greutatea acesteia) a dus la mărirea greutății puilor de găină cu 14% și la un ritm mai intens de îmbrăcare cu pene a acestora. În experiențe similare s-a constatat că administrarea de făină de *Chlorella* a făcut ca ouăle produse să fie cu 14% mai grele și să aibă un conținut de caroten cu 35—40 mai mare față de loturile care au primit rații fără adaosuri algalale.

În România, Maria Stadniciuc și Calotoiu au experimentat în 1972 pe baterii de găină, din rasa New Hampshire, efectele unei hrane în care existau cantități de alge. S-au folosit trei loturi de păsări în vîrstă de 15 luni, cărora li s-au preparat zilnic

următoarele raţii : prima, raţia martor, alcătuită din porumb 72%, mazăre 4%, şroturi din floarea soarelui şi soia 14%, făină de carne, oase şi cretă 10% ; a doua raţie avea înlocuite, prin făină de *Cladophora*, între 3,5 şi 7 procente din componentele anterioare iar în a treia raţie, făina algală (amestec de alge brune, roşii şi verzi) substituia 5—20 procente din raţia martor. Analizele biochimice şi energetice efectuate în paralel la cele trei tipuri de raţii au arătat că nu există, practic, diferenţe între valoarea lor nutritivă. În cele două variante în care s-a adăugat făină de alge nu s-a constatat o creştere în greutate sau în producţia de ouă faţă de lotul martor, dar s-a putut sublinia existenţa unei pigmentaţii mai vii, mai atrăgătoare a cărnii şi a culorii gălbenuşului de ou.

Dr. V. Burlacu şi dr. M. Paraschiv, folosind suspensii de alge verzi unicelulare, în locul unor procente de şroturi din raţii standardizate, au constatat că valoarea nutritivă a raţiei modificate a crescut cu 200 de Kcal şi că ea a determinat o creştere a conţinutului de pigmenţi carotinoizi ai ouălor.

În gospodăriile limitrofe litoralului, algele sînt foarte frecvente în hrana porcilor şi, plecînd de la această constatare, s-au făcut multe experimentări cu privire la posibilitatea introducerii pe scară largă a acestor plante în marile complexe de suine.

Cercetări efectuate în Cehoslovacia au arătat că administrarea făinei de alge unor purcei în vîrstă de 6 săptămîni, o perioadă de cîteva zile, a avut efecte pozitive, deopotrivă pentru coeficientul de valorificare a hranei şi pentru sporul zilnic în greutate (un plus de 30 de g faţă de lotul martor).

În Uniunea Sovietică folosirea algei *Chlorella*, fie sub formă uscată (300 g/cap/zi), fie sub formă

de pastă (167 g cu un amestec de soluţii de HCl 0,74% şi NaCl 37%) a dus la sporuri de 550 g, asemănătoare cu cele date de raţiile care aveau făină de carne şi de oase.

Foarte interesante experimentări privind folosirea suspensiilor de alge în hrana porcinelor au fost întreprinse în România, plecînd de la ideea noastră ca acestea să fie administrate, în primul rînd, pentru a introduce în raţia standard un supliment de vitamine şi de principii active (care se găsesc din abundenţă în algele vii unicelulare) şi, de asemenea, un supliment de substanţe minerale (prin folosirea unui mediu nutritiv special pentru culturile de alge). Prof. dr. Mircea Dinu şi dr. M. Paraschiv au pus în practică această idee experimentînd pe 22 de purcei din rasa Marele Alb, cărora li s-au administrat un litru de soluţie de alge pe cap/zi, în primele 20 de zile, 2 litri în următoarele 30 de zile, 2,5 litri încă 30 de zile şi 3 litri în ultimele 60 de zile care au precedat sacrificarea. Compoziţia chimică a suspensiei de alge a fost : 98,5% soluţie minerală (cu săruri de amoniu, inclusiv uree, aproximativ 2%) şi 1,5 g extract uscat algal cu 48,3% substanţe proteice. Lotul experimental a avut, în final, un spor de aproape 8 kg, ceea ce reprezintă o creştere de 13% în favoarea purceilor hrăniţi cu alge. Analiza datelor obţinute, în urma sacrificării animalelor, atestă un randament de abator la cald superior şi o greutate mai mare a muşchiului psoas, a cordului şi a splinei, la porcinele din lotul experimental. De asemenea, carcasa şi jambonul au avut dimensiuni mai favorabile în cazul tratamentului algal. Prof. dr. M. Dinu şi colaboratorii săi au verificat, în anii următori, aceste rezultate pe loturi de 300 de capete, probînd efectul favorabil al folosirii algelor în alimentaţia suinelor şi pregă-

tind, în legătură cu viitoarele progrese ale culturii algelor în masă, introducerea pe scară largă a acestui gen de alimentare.

Administrarea macrofitelor în hrana taurinelor a fost folosită, în primul rînd, pentru zonele unde există o carență de iod. În această privință cercetări foarte temeinice a întreprins colectivul dr. ing. V. Teodoru, care a hrănit un lot de 66 de vaci brune din zona Cîmpulung-Argeș (deficitară în iod) cu alge strînse de pe litoral. Suplimentul de făină de alge marine, administrat la rația integrală, a corectat funcția tiroidei, în raport cu lotul martor, ales în regiuni geografice asigurate cu iod ; aceasta a făcut ca producția de lapte să sporească cu 10%.

Firește, administrarea algelor macrofite în hrana taurinelor se folosește și acolo unde nu există carențe de iod. În Japonia, acest adaos aduce în rația zilnică un spor de caroten, de proteine și de săruri minerale, iar în S.U.A., făina obținută din talurile de alge (prelucrate sau nu) este un fortificant prețuit al sistemului osos. În Uniunea Sovietică înlocuirea silozului de borceag cu alge a dus la creșterea în greutate a animalelor, iar pe alte meridiane, o rație care cuprindea și 200 g făină de alge *(Ascophyllum)* a dat o producție totală de lapte semnificativ sporită. Dr. Maria Celan a făcut experimentări similare la stațiunea Agigea și a constatat că vacile acceptă ușor furajele de alge marine (între care speciile de *Laurencia* erau preferate). La început, în aceste încercări, algele spălate în prealabil cu apă dulce erau amestecate cu tărîțe ; apoi, treptat, ele au fost administrate fără nici un fel de adaos, ajungîndu-se ca un singur animal să consume pînă la 2 saci de alge pe zi ; digestibilitatea a fost perfectă, iar calitatea laptelui normală.

Taurinele consumă fără dificultăți și algele însilozate (la pregătirea cărora se adaugă și o cantitate de lapte acru sau iaurt), iar consumarea unor suspensii de *Chlorella* în loc de apă de băut a dus, în unele experiențe, la un spor de lapte de 11%.

Algele au fost aplicate și în hrana cailor unde, în unele variante, au înlocuit treptat ovăzul în rație, ajungînd să reprezinte 5—6 kg din aceasta. Speciile de *Laminaria* (mai ales părțile tinere ale laminelor) sînt consumate cu plăcere de cabaline, dar cantitatea lor nu trebuie să depășească 10 kg/zi în rația unui animal, deoarece există pericolul de intoxicare (în special cu iod).

În Uniunea Sovietică experimentările cu alge aplicate în hrana ovinelor au arătat că o cantitate de 700 g din aceste plante, sub formă de făină, este consumată cu eficiență de către berbeci ; la noi în țară, la Agigea, talurile de alge (inclusiv de *Cystoseira)* au fost acceptate în hrană de către oi. Administrarea algei *Chlorella* odată cu apa de băut a făcut ca ovinele să capete un spor de greutate față de lotul martor.

Numeroase cercetări întreprinse în aproape toate țările dezvoltate ale lumii (și din care am încercat să prezentăm unele din cele mai reprezentative) arată preocupările și posibilitățile care există în valorificarea algelor ca sursă de proteine (în primul rînd !) pentru o zootehnie aflată într-o dezvoltare accelerată și strîns legată de necesitățile de hrană ale omenirii.

O componentă a alimentației umane

Călătorul care ajunge în țările Asiei învecinate cu apele Oceanului Pacific se va întîlni, fără în-

doială, cu strania (pentru noi, europenii) bucătărie orientală și va servi la masă numeroase feluri exotice, cu care n-a fost obișnuit și a căror existență adesea nici nu o bănuia.

Arta culinară niponă, de exemplu, îl va face să audă de kombu, amanori, asakusanori și horshinori, care nu sînt altceva decît numele japoneze ale unor alge folosite curent în alimentație și reprezentînd pentru aceste tărîmuri o mîncare specifică, națională. Asakusanori *(Porphyra tenera)* și aonori *(Monostroma)* se folosesc la prepararea unor supe și sosuri de calitate superioară, uscîndu-se la aer, fragmentîndu-se apoi și fierbînd la foc mic. Aokombu *(Laminaria japonica)* se prezintă, ca produs finit, sub forma unor bețișoare lungi, subțiri, asemănătoare grisinelor și este foarte mult căutat la export. Din kanten (care nu este altceva decît agar-agarul) se fac jeleuri, sosuri, supe și prăjituri.

Dar folosirea algelor în alimentația omului este cunoscută nu numai în Japonia ci și în întreaga lume. Astfel, sud-americanii prepară o mîncare specială din alga *Durvillea*, pe care o numesc Cachiyngo, iar hawaienii, filipinezii și indonezienii folosesc în alimentație pe dulcea *Laminaria saccharina*.

În Scoția, Irlanda și Franța se consumă talul proaspăt de *Alaria esculenta* și *Laminaria saccharina* și se prepară curent salate din *Rhodymenia palmata* și *Ulva lactuca* (sălățica de mare pe care și vechii locuitori ai Dobrogei o foloseau ca salată !).

Scandinavii fac supe din *Alaria esculenta* și compoturi din *Porphyra laciniata, Chondrus crispus* sau *Gelidium corneum*.

Cultura în laborator a microalgelor a deschis calea folosirii acestora, pe scară mare, în alimentația omului, datorită biomasei lor bogată în vitamine și

în proteine ușor utilizabile în prepararea mîncărurilor.

Firește, înainte ca praful de alge uscat să fie încorporat în alimentația umană, el a fost experimentat pe animale de laborator, unde a putut înlocui în proporții de 20% făină de grîu, fără a schimba în sens negativ (ci dimpotrivă !) calitatea hranei.

Prepararea prafului de alge se face în moduri diferite și, pentru ilustrarea acestora, ne vom opri la descrierea dată de către cercetătorii români Fodor și Racz. Culturile se sedimentează, se spală repetat și se filtrează ; apoi, masa verde deasă și apoasă a algelor se așază în strat subțire pe plăci de sticlă și se usucă, timp de 2 ore, la soare. Stratul uscat, gros de 1—2 mm, se chiuretează și se trece printr-o sită cu ochiuri de 500 microni pentru a fi depozitat la sfîrșit, în vase de sticlă, bine închise, puse la întuneric.

* *
*

Introducerea în alimentație va mai necesita desigur multe experimentări, dar ea este în stadiul actual legată, în primul rînd, de obținerea la prețuri rezonabile a unor cantități mari de alge. Cercetările făcute la Universitatea din California (pentru a nu cita decît pe cele ale căror rezultate sînt dintre cele mai remarcabile) au arătat că o cultură de alge monocelulare, cu o suprafață de 500 m^2, poate asigura o cantitate de proteină de aproximativ 2,2 kg zilnic (ceea ce reprezintă necesarul pentru 5—6 persoane), la prețul de 55 de cenți kilogramul. Cu toate aceste rezultate foarte bune, sîntem încă departe de a asigura folosirea rentabilă a proteinei algale în hrana oamenilor.

Medicamente noi și inedite

Apele Oceanului Planetar ascund nenumărate animale din care oamenii, în timpuri diferite, au scos substanțe care le-au alinat durerile trupești. Astfel, din spongierul *Haliclona viridis* s-au purificat substanțe antitumorale, coralii din genul *Palythoa* au substanțe active vasoconstrictoare, gasteropodele *Murex trunculus* și *Buccinum undatum* pot furniza corpuri active pentru relaxarea musculară...

În mod similar, algele constituie o sursă importantă pentru prepararea unor substanțe cu acțiune farmacodinamică. Printre lipoizii care se găsesc în speciile de *Scenedesmus*, condrilasterina este una din cele mai bune materii prime pentru prepararea cortizonului ; din speciile genului *Phyllophora* se obține un extract folosit cu bune rezultate în colite, jejunite, duodenite, ileite, gastrite, constipații, precum și în tratamentele cu pansamente gastrice ; din *Gelidium cartilagineum* s-a scos o substanță care protejează embrionii de pui afectați de virusul gripal B și care este folosită, de asemenea, în tratamentul oreionului ; acidul kainic extras din alge este antihelmintic, ca și speciile de *Alsidium helminthochorton* și *Digenia simplex* (aceasta din urmă cunoscută în China sub denumirea de Te-Ko-Toi).

Algele conțin în ele numeroase substanțe antibiotice care pot opri dezvoltarea diferitelor virusuri și a diferiților microbi. Cele mai cunoscute alge donatoare de astfel de substanțe sînt *Chaetomorpha okamurai, Rhodomela subfusca, Murrayella periclados*, ca și multe peridinee care excretă substanțe (numite exocrine) toxice pentru viață (cercetări foarte complete în acest domeniu al exocrinelor se datoresc dr. Lucian Gavrilă, unul din cei mai remarcabili cunoscători ai geneticii și biologiei algelor).

Praful obținut din algele monocelulare *Chlorella* și *Scenedesmus* conține o substanță neidentificată (numită factorul Y) care previne necroza hepatică.

Alginații se folosesc în medicină ca aditivi datorită, printre altele, faptului că mărindu-și volumul, prin inhibiție, întind mucoasa gastrointestinală și o pun în contact direct cu substanța activă din medicament. Pentru că alginații dau o senzație de sațietate ei sînt recomandați în tratamentul obezității și, se înțelege, lucrul acesta îi poate aduce în curînd în centrul atenției publice.

Sargassum bacciferum este un leac pentru maladiile renale și pentru gușă, ceaiurile de *Rhodymenia palmata* se folosesc pentru diminuarea febrei, cele de *Hypnea nidifica* în tulburări gastrice, iar decoctul de *Centroceras clavulatum* se întrebuințează ca laxativ.

Numeroase studii (printre care citățm și pe cele ale cercetătoarei române dr. Englentina Pelegrino) au arătat că efectele terapeutice ale nămolurilor depuse pe fundurile unor lacuri, cum ar fi cel de la Lacul Sărat, se datorează materiilor organice provenite din putrefacția unor alge (în cazul citat de noi, în primul rînd a speciilor de *Ulothrix*).

Cum tehnica chimiei, care servește fidel și îndeaproape medicina și farmacia, se perfecționează continuu, este de presupus că o analiză amănunțită a miilor de specii de alge pe care le cuprinde Terra va scoate la lumină noi leacuri pentru maladiile umane.

Algele și protecția mediului

Înainte de a vorbi despre utilizările pe care algele le au în procesul de reciclare a diferitelor substanțe

în natură și în purificarea apelor, este necesar să arătăm că — în anumite condiții — algele însile devin poluante.

În bazinele cu apă, în lacuri și în heleștee apar adesea, după cum am mai văzut, „înfloriri", proliferări imense de alge care, împreună cu bacteriile și ciupercile, prezente și ele în ecosistem, formează pelicule compacte la suprafața apei, împiedicînd aerarea straturilor profunde și desfășurarea normală a vieții speciilor aerobe. Pentru apa potabilă, căreia îi dau un gust și un miros neplăcut, dezvoltarea intensivă a algelor creează un pericol de contaminare. În același timp, acumularea masivă a fitoplanctonului determină restrîngerea folosirii locurilor de agrement și înmulțește cazurile de alergie.

Algele iau parte și la formarea foulingului marin, acele depuneri de substanță vie de pe nave, de pe construcțiile hidrotehnice, de pe platformele de foraj marin, de pe aparatura și de pe uneltele de explorare și de exploatare a mediului marin, care au efecte negative (corosive, în primul rînd) asupra acestora. Dr. Marian Gomoiu și colaboratorii săi au studiat acest fenomen și au arătat că, în M. Neagră, la alcătuirea foulingului iau parte peste 30 de specii algale macrofite, mai ales exemplare ale genurilor *Enteromorpha* și *Cladophora*.

Algele sînt încă și mai periculoase atunci cînd obstruează echipamentul diferitelor instalații industriale care din această cauză sînt obligate să-și întrerupă activitatea un anumit timp. Cunoașterea profundă a constituției algale și a fiziologiei speciilor implicate face însă posibilă înlăturarea acestor inconveniente indicînd substanțe algicide, foarte eficiente, pentru instalațiile ce pot fi afectate.

Poluări spectaculoase provoacă așa-numitele „ape roșii" * care apar periodic în mări, oceane (dar și în apele dulci și salmastre), ca urmare a unor proliferări imense de peridinee și de diatomee (30—80 de milioane celule/l). Ele provoacă iritarea respiratorie la oamenii care fac baie în asemenea ape, o intoxicare și o mortalitate (uneori considerabilă) la moluște și la pești.

Aceste ape roșii au influență negativă și asupra turismului, și, după cum am văzut, și asupra economiei piscicole. Cazuri foarte frecvente și foarte dăunătoare au avut loc pe coastele Floridei, dar asemenea fenomene au fost semnalate și la M. Neagră, atît de noi împreună cu dr. Skolka (înflorire provocată de *Exuviaella cordata* și *Prorocentrum micans*), cît și de alți cercetători români.

Dar interesul pentru alge, în conjuncturile ecosistemice în care se află, este suscitat — mai ales — de calitățile de epuratori ai naturii probate și reconfirmate mereu de aceste plante. Să începem întîi cu marea producție de oxigen a algelor pentru a sublinia rolul lor în menținerea biosferei și pentru a înțelege puterea de regenerare a acelor biotopuri în care ele se dezvoltă în cantități optime. Pornind de la acest fenomen, care are loc neîntrerupt în natură, algele au fost folosite ca sursă de oxigen în medii cu volume de aer limitat.

Pentru apele poluate cu diferite elemente (inclusiv cu elemente radioactive), algele s-au dovedit puternici absorbanți și acumulatori servind astfel

* Iată cum descria Biblia acest fenomen natural, datorat — o știm astăzi — algelor : „Și toate apele care erau în rîu (în Nil) s-au schimbat în sînge și peștii care se găseau acolo au murit ; și rîul era rău mirositor și egiptenii nu puteau să bea apă din el".

ca depozite ușor de înlăturat pentru substanțele nedorite. Dr. Ion Chiosilă a arătat, de pildă, că alginații administrați în hrana unor oameni împiedică absorbția intestinală a ^{85}Sr în proporție de peste 90%, înglobîndu-l în masa lor și contribuind astfel la decorporarea radioizotopilor.

Purificarea apelor poluate cu azotați este posibilă prin crearea unei biocenoze vegetale formată din clorofite, peridinee și bacterii ; concentrațiile ridicate de azot amoniacal (280 mg/l) pot fi înlăturate cu o eficacitate superioară (80%) prin utilizarea unor culturi mixte de alge, în care predomină *Chlorella pyrenoidosa*. Studii amănunțite în această privință au fost întreprinse la Cluj-Napoca de către regretatul acad. Șt. Peterfi și de dr. Adriana Barna.

Îndepărtarea biologică a fosforului din ape este posibilă, de asemenea, prin intermediul biocenozelor algale. Conform unor recente cercetări, algele albastre și cele verzi pot hidroliza fosfații condensați, care se găsesc în majoritatea detergenților sintetici și care apar astfel (foarte frecvent) în apele menajere. În absorbția fosforului cele mai eficiente alge s-au dovedit a fi *Anacystis nidulans*, *Anabaena cylindrica* și diferite specii de *Oscillatoria*. Mecanismul de absorbție pe care-l pun în funcțiune algele, în acest caz, este în strînsă legătură cu variația sistemului de aerare a culturii, prin care se realizează bioprecipitarea fosfaților (într-adevăr, dacă aerarea și suplimentarea mediului cu bioxid de carbon nu se mai fac, raportul bicarbonat-carbonat se modifică, crește valoarea pH-ului și se determină sedimentarea fosfaților din apele poluate).

Tot mai frecvent, apele sînt impurificate de detergenți, care provin dintr-o întrebuințare tot mai generalizată, și de pesticidele utilizate în cantități

uriașe în agricultură, dar și în curțile în care se găsesc livezi de pomi și plantații de vie.

Specii de *Spirogyra*, *Stigeoclonium* și *Cladophora* au probat că pot determina descompuneri chimice și biologice la mulți detergenți, urmînd ca substanțele componente rezultate să fie epurate prin metoda biologică aerobă, prin intermediul bazinelor cu nămol activ, prin biofiltre și prin șanțuri de oxidare.

Unele alge, cum ar fi *Dunaliella tertiolecta*, *Skeletonema costatum* și *Cyclotella nana*, s-au dovedit a fi absorbante ale pesticidelor ; de aceea, diverse culturi mixte de alge au putut fi utilizate cu rezultate favorabile la înlăturarea din mediu a aldrinului, dieldrinului și DDT-ului. Substanțele organice care ajung să polueze apele sînt și ele modelate în prezența unor culturi algale în mediu ; dacă aceste substanțe organice sînt prezente sub forma unor bacterii, virusuri sau ciuperci, atunci exocrinele algale (de tipul chlorelinei și scenedesminei) limitează înmulțirea microorganismelor nedorite și le aduce la un echilibru biocenotic convenabil pentru apele studiate. Substanța organică în descompunere este folosită ca substrat nutritiv, subliniind nutriția mixotrofă a algelor și abilitățile lor în utilizarea ca hrană a substanțelor întîlnite.

Algele constituie indicatorii valoroși ai gradului de poluare a apelor, pentru că ele sînt legate de un anumit ecosistem pe care-l părăsesc în momentul în care substanțele poluante depășesc posibilitățile lor de adaptare. Testări diferite, în care eșantioane de ape de mare, apă de rîu și apă de canal (acestea din urmă poluate desigur) au fost amestecate în diferite proporții, au constituit medii de cultură pentru *Skeletonema costatum*, a cărei creștere a reflectat fidel gradul de impurificare al apei ; în experimentări asemănătoare s-a folosit *Selenastrum*

capricornutum și acumularea de clorofilă s-a dovedit a fi invers proporțională cu intensitatea poluării.

Cercetările dr. L. Gavrilă și dr. I. Chiosilă, în apele dulci, și ale dr. Adrian Bavaru, în apele marine au pus în evidență specii și asociații de alge care pot indica gradul de poluare a mediului acvatic, clasificîndu-l în categorii a căror utilizare practică a fost dovedită.

Metodele de epurare biologică în tratamentul apelor poluate sînt diverse și se grupează de obicei în cinci categorii : *a.* metode de filtrare biologică ; *b.* metoda nămolului activ ; *c.* utilizarea bazinelor de oxidare ; *d.* irigarea prin pulverizare și *e.* descompunerea anaerobă.

În rîndurile de mai sus s-a vorbit despre rolul de filtru al algelor, capabile să rețină sau să metabolizeze produșii care poluează apele ; în metoda nămolului activ, în irigarea prin pulverizare ca și în descompunerea anaerobă, rolul principal de purificator îl au bacteriile, la care se pot adăuga, în proporții nesemnificative, și unele alge unicelulare.

În bazinele de oxidare însă, algele joacă un rol foarte important prin producerea abundentă de oxigen. Mecanismul ce se petrece în ape poate fi imaginat plecînd de la activitatea bacteriilor anaerobe, care transformă substanțele organice complexe, prin oxidare, în produși de tipul CO_2, NH_3, PO_4, utilizați de alge în formarea propriei substanțe și terminînd cu acumularea de biomasă algală, folositoare în hrana peștilor și în oxigenarea apelor (fig. 11). Bazinul de oxidare funcționează — în asemenea condiții — deopotrivă ca un sistem de producere a oxigenului și de fabricare a materiei organice ; speciile de *Chlamydomonas, Chlorella, Scenedesmus, Ankistrodesmus, Closterium, Anacystis, Oscillatoria, Spirogyra, Vaucheria, Ulothrix* și flagelatele s-au do-

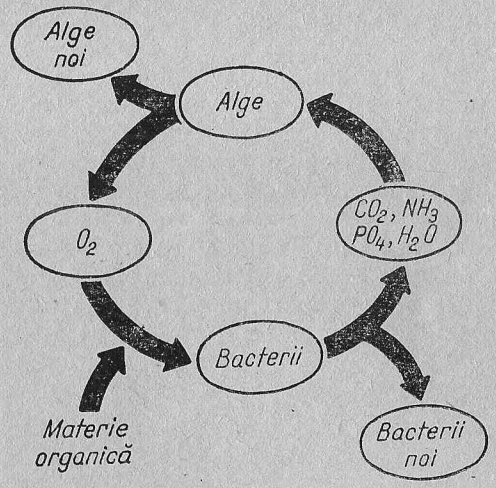


Fig. 11. Rolul epurator al algelor în bazinele de oxidare.

vedit a fi cele mai active în această metodă de tratare a apelor poluate.

Forma și alcătuirea bazinelor folosite în purificarea biologică a apelor (cu ajutorul algelor) sînt de mai multe feluri și ele au fost descrise pe larg de dr. Adriana Barna în volumul I al Tratatului de algologie. Conform acestor descrieri se găsesc bazine de oxidare în serie (care combină bazinele anaerobe cu cele aerobe conținînd alge), bazine de maturare, unde culturile de alge purifică în șapte zile apa poluată, tancuri cu alge, concepute ca instalații-pilot pentru epurarea unor ape grav impurificate cu substanțe organice, bazine cu discuri rotative (cu 48 de discuri rotative iluminate artificial, pe care cresc alge filamentoase), șanțuri cu alge

dispuse în serpentină și puternic expuse razelor soarelui etc.

Cercetătorii români de la Institutul de Biologie din București, reluînd experimentări efectuate în vestul Europei, doresc să constituie, pentru epurarea apelor, sisteme ecologice complexe, în care roluri principale să joace, alături de multe macrofite superioare (printre care trestia și rogozul) și algele. Ei consideră că sistemul ecologic recomandat este un adjutant de valoare al metodelor chimice și fizice clasice de depoluare, mai cu seamă în cazul epurării unor ape industriale puternic impurificate.

CULTURA ȘI PESCUITUL ALGELOR

Culturi de laborator

Importanța deosebită a substanțelor extrase din alge, a masei organice pe care o reprezintă întregul lor corp și posibilitatea de a folosi, în fotosinteză, lumina, cu un randament mai mult decît dublu față de plantele agricole, au ridicat problema obținerii unor cantități însemnate de „materie primă" și de substanță proteică, la prețuri și eforturi acceptabile din punct de vedere economic.

Calea care ar conveni cel mai mult producătorilor de material algal, de pretutindeni, ar fi, firește, cea a culesului și a pescuitului ; dar algele nu cresc în aglomerări mari decît în apele mărilor și oceanelor și la ele au acces, în primul rînd, (fără o eficiență economică cu totul recomandabilă !) țările dezvoltate și riverane marilor întinderi de ape. Pentru a obține cantități însemnate de alge, pentru toate țările, soluția trebuie să se găsească deci în altă parte și anume în vechile tipare ale agriculturii care să înființeze, pe scară largă, culturi dirijate.

În domeniul cultivării intensive a algelor, experimentări au fost întreprinse încă la începutul acestui

secol, dar realizările și cunoștințele au avansat cu o anume încetineală, izvorîtă din concurența celorlalte plante de cultură (mult mai productive și cu tehnologii inițiate de milenii) și din cauza acumulării insuficiente de date, atît în privința biologiei algelor, cît și a metodelor specifice de cultură.

Cerința accentuată de substanțe proteice înregistrată în ultimii ani, multiplele întrebuințări în industrie, în agricultură și în protecția mediului, pentru a enumera numai cîteva din domeniile pe care le-am descris mai înainte, au dat impuls cercetării și au făcut ca în laboratoare să se cunoască multe din detaliile-premisă ale culturilor de alge.

Experiențele cele mai numeroase au fost făcute cu speciile verzi, unicelulare și cenobiale, mai cu seamă cele ale genurilor *Chlorella, Chlamydomonas* și *Scenedesmus* și de asemenea cu alge filamentoase albastre și verzi.

Pentru a întreprinde o cultură de laborator este necesar, în primul rînd, să se selecționeze sușe de alge productive, să se pregătească instalații convenabile și să se cunoască condițiile care trebuie asigurate pentru a se obține o recoltă maximă.

Datorită spațiilor restrînse din laboratoare, asemenea culturi au, mai înainte de toate, un rol de experimentare, care pregătește trecerea spre stațiile-pilot și către cultura organizată pe bazele actualei industrii microbiologice.

Să urmărim etapele montării unor astfel de experiențe și să vedem condițiile de mediu asigurate culturilor, pentru a întrezări viitorul acestora prin prisma rezultatelor deja obținute.

Culturile de laborator au patru etape de realizare (uneori acestea formează, prin succesiune, un întreg, alteori fiecare reprezintă o variantă) și anume *etapa brută* (constituită din materialul colectat din natură),

culturi monoalgale (conținînd o singură specie de algă), *etapa pură* (cultura este lipsită de bacterii și de orice organism străin) și, în sfîrșit, *etapa intensivă*, în care culturile sterile sînt crescute în instalații, în condiții de mediu optime, strict controlate. Se observă cu ușurință că această ultimă etapă este cea care interesează producția de alge.

Vasele utilizate pentru cultura algelor au diferite forme și sînt construite fie din sticlă, fie din material plastic (mai ales polipropilen); întîlnim, în laboratoarele cu culturi algale, flacoane Erlenmeyer, baloane cu fund plat, baloane de tip Roux, tuburi verticale de sticlă (cu pereți simpli sau dubli), tuburi de sticlă așezate orizontal și submerse (pentru termostatare), vase paralelipipedice și cuve de tipul acvariilor mici. Pentru algele aerofile s-au imaginat benzi rulante de polietilenă și plăci de azbest și de ciment, implantate în diferite instalații și umezite în permanență de substanța nutritivă necesară culturilor. În acest domeniu numeroase contribuții au fost aduse de cercetătorii români grupați în jurul acad. N. Sălăgeanu și acad. Șt. Peterfi.

De la aceste vase mici (dar indispensabile experimentărilor) s-a ajuns la fabricarea unor aparate de cultură continuă, de diferite construcții, printre care: tancurile ermetic închise cu o capacitate de 330 de litri în care — prin exploatare în sistem semicontinuu — se obține o densitate de un milion de celule/ml în două săptămîni; aparatul pentru cultivarea flagelatelor (cu sistem automat de recoltare și de adăugare de mediu proaspăt); vase de sticlă de capacitate mare, cilindrice, în montură de oțel inoxidabil, care pot ajunge la un volum de pînă la 100 de litri soluție algală...

Pentru a cunoaște o astfel de instalație să descriem, după cercetătoarea română Pia Elena Mih-

nea, aparatul de cultură continuă proiectat de Myers și Clark, pentru cultivarea microalgelor dulcicole și marine (fig. 12). Aparatul este alcătuit din 3 tuburi concentrice, de sticlă, ce delimitează două spații. Dimensiunile externe ale sistemului sînt 6 cm diametru și 66 cm lungime ; distanța dintre tuburi este de 5—6 mm. Dimensiunile se pot modifica însă, în funcție de oportunitățile speciei cu care se lucrează. La partea superioară, printr-unul din tuburi, se face adducția de aer sau de gaze. Surplusul de aer se elimină prin tubul mai larg de la partea superioară (8), care servește, în același timp, operațiunii de însămînțare ; tot la partea superioară există tubul de adducție al mediului proaspăt (5).

Menținerea condițiilor de sterilitate este posibilă datorită sistemului ermetic precum și precauțiilor ce se cer luate : aerul care pătrunde, ca și cel care iese, este interceptat de filtre (1 și 2) de vată, încălzite cu ajutorul unor bobine de inducție (pentru a se înlătura condensarea vaporilor). În scopul menținerii sterilității, tubul colector (6) este prevăzut cu un tub de protecție.

Aparatul este înzestrat cu o instalație automată pentru păstrarea constantă a densității, alcătuită →

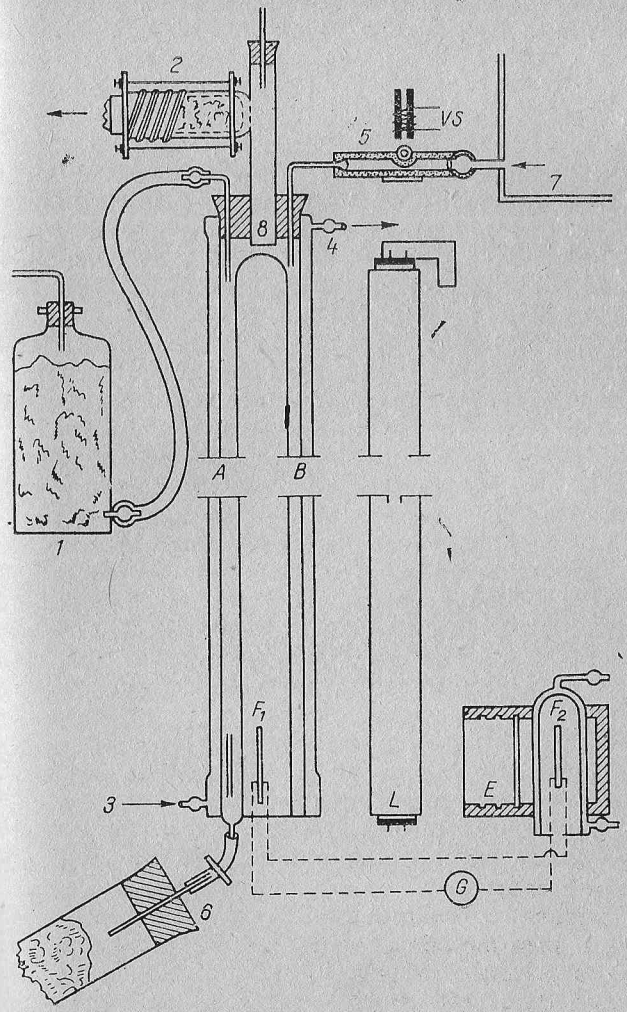


Fig. 12. Instalație de crescut alge în laborator
Aparat de cultură continuă — Myers și Clark
A. spațiu destinat circulației apei de canal, în scopul termoreglării ; B. spațiu destinat suspensiei algale ; E. ecran ; G. galvanometru ; F1, F2. fotocelule ; L. lampă neon ; VS. valvă solenoid ; 1. filtru pentru adducția aerului ; 2. filtru pentru eliminarea aerului (se vede secțiunea bobinei de încălzire a filtrului) ; 3. tub pentru adducția apei de canal ; 4. tub pentru evacuarea apei de canal ; 5. tub pentru aducerea mediului proaspăt în instalație ; 6. tub pentru prelevarea eșantioanelor de suspensie, prevăzut cu sistem de împiedicare a contaminării bacteriene ; 7. vasul cu mediul proaspăt ; 8. tubul prin care se face eliminarea surplusului de aer și însămînțarea soluției nutritive.

din fotocelulele F_1 și F_2 (ultima prevăzută cu 1 sau mai multe ecrane din sticlă). Potrivind, prin ecranare, ca intensitatea luminoasă măsurată de fotocelula F_2 să fie egală cu intensitatea luminii ce trece prin suspensia algală ce ajunge la F_1, sistemul se află în punctul său de plecare. Dezvoltarea culturii scoate din echilibru cele două fotocelule (ca urmare a măririi densității suspensiei), făcînd posibilă apariția unui curent electric ce se transmite valvei solenoid. Valva se deschide permițînd aportul mediului, pînă la diluția inițială a suspensiei algale.

Folosirea unui astfel de aparat este recomandată pentru toate observațiile de fiziologie și biochimie, cărora le furnizează un material omogen și steril culturii. În asemenea vase și în asemenea instalații se introduc acele sușe de alge care s-au dovedit a fi cele mai productive și se inițiază cultura intensivă de alge.

Pentru a putea îmbunătăți permanent natura genetică a materialului algal, este necesar ca toți cei care se ocupă cu culturile în masă să înființeze colecții algologice în care să se introducă, fie prin selecționare și hibridare de laborator, fie prin identificare și recoltare din mediul înconjurător, noi specii și noi sușe.

Recoltatul algelor microscopice se face cu ajutorul unui fileu foarte fin, alcătuit din mătase specială, prin sedimentare, prin răzuire sau, în cazul algelor din bental (de pe fundul apelor), cu un aparat special numit microfitobentometru. Se parcurg apoi etapele enumerate mai sus pentru a separa speciile în cultură monoalgală (de obicei prin diluții repetate și prin metoda pipetelor capilare) ; pentru efectuarea culturilor pure se folosesc micromanipulatori, centrifugare fracționată, tratare cu ultrasunete sau

cu raze ultraviolete, spălarea cu soluții dezinfectante și bacteriostatice și metoda mediilor selective. Odată izolate, speciile vor fi depozitate în eprubete cu agar-agar la temperaturi scăzute (pentru a li se micșora metabolismul).

Pentru prepararea substratului pe care se păstrează algele în colecție, se cîntăresc 2—3 g de agar-agar, care se completează cu apă distilată pînă la volumul de 100 cm^3. Acest amestec se lasă la foc într-un balon de Jena pentru ca agarul să se topească în întregime ; puțin după aceasta se pot adăuga cîțiva cm^3 dintr-o soluție nutritivă și totul se toarnă în eprubete sau cutii Petri, unde se lasă să se răcească. Vasele cu agar-agar sînt duse la sterilizat sub presiune (la autoclavă), după care sînt gata de însămînțat. Operația se face picurînd, cu ajutorul unor micropipete, o parte din cultura noastră pură de alge. Lăsate la lumină, celulele se vor înmulți acoperind suprafața substratului și constituind proba caracteristică (și rezervorul) sușei cu care lucrăm. Vasul însămînțat se etichetează menționînd specia, sușa și data și se introduce la frigider, la o temperatură de 2—5°C și la o lumină de 300—500 lucși, ca parte componentă a colecției noastre. Pentru a menține vitalitatea acestor eșantioane este necesar ca lunar colecția să fie reîmprospătată, mutînd cîteva celule din vechiul vas în vase noi, cu substrat recent preparat.

Principalele cerințe ale algelor, în condițiile experimentărilor lor în laborator pentru o cultură industrială, sînt lumina, temperatura, nutriția și barbotarea.

Pentru algele verzi monocelulare *lumina* optimă este în jur de 5 000—6 000 de lucși. Radiațiile folosite în fotosinteză sînt numai acelea cu lungimea

de undă sub 700 milimicroni și se apreciază, o resubliniem, că energia luminoasă folosită de alge este de peste 2 ori mai mare decît cea pe care o înglobează plantele din culturile obișnuite.

Pentru utilizarea în condiții bune a energiei luminoase se întrebuințează fie procedeul măririi suprafeței luminate, fie se asigură un iluminat intermitent, realizabil, în cazul unei suspensii dense de alge, printr-o mișcare continuă care duce celulele, pe rînd, în stratul cel mai bine luminat. Cultura se poate face fie în lumină continuă, fie în alternanța lumină + întuneric (s-a dovedit că alternanța continuă 12 ore lumină și 12 ore întuneric nu micșorează randamentul producției de biomasă).

Algele filamentoase verzi au necesități mai mari față de lumină și dr. Al. Marton de la Cluj-Napoca, un specialist în acest domeniu, socotește că speciile de *Ulothrix* și *Stichococcus* se dezvoltă bine la o intensitate de 9 000 de lucși, în care spectrul roșu sau combinația luminii albastre cu cea portocalie sînt predominante. O intensitate de 13 000 de lucși a fost în cazurile citate mai sus inhibitoare. Dimpotrivă, algele albastre preferă intensități mai scăzute ale luminii ; experiențele noastre și ale dr. Liubov Tipa au indicat plafonul maxim în jurul a 3 000 de lucși ; în experiențe cu *Oscillatoria subbrevis*, prof. Sălăgeanu indică totuși ca optime intensități mai mari, de ordinul a 5 000—7 000 de lucși.

Temperatura este un element esențial în existența și în productivitatea culturilor algale ; genetic există deosebiri mari între speciile folosite, după preferința lor la acest factor de mediu. Peridineele și diatomeele au nevoie de temperaturi mai scăzute (în culturile noastre de *Exuviaella cordata* numărul maxim de celule s-a găsit între 12—16°C, depășirea acestei limite provocînd o diminuare progresivă a

densității culturii) ; pentru *Chlorella*, temperaturile cele mai bune sînt în intervalul 25—27°C, iar *Scenedesmus* are productivitatea ridicată la o climatizare în jurul a 30°C.

În general, randamentul culturilor este direct proporțional cu temperatura diurnă, cea nocturnă exercitînd o influență mai redusă. Există pericolul ca în culturile neclimatizate încălzirea din timpul zilelor de vară să distrugă culturile, ceea ce impune, în asemenea cazuri, selecționarea de tulpini termofile. Algele albastre suportă o temperatură ridicată și cercetări efectuate în Franța au arătat că fotosinteza este încă foarte activă la 45°C. La *Oscillatoria subbrevis* viteza medie de creștere are un maxim la 35—45°C și se micșorează rapid la temperaturi inferioare (la 25°C este aproape nulă). Exceptînd speciile termofile, putem recomanda, pentru algele albastre, temperaturi în jur de 35°C.

Principiile esențiale după care trebuie să se guverneze *regimul de nutriție* al algelor constau din optarea pentru o anumită sursă de azot, asigurarea unui pH care să nu precipite sărurile de calciu, magneziu și de fier, prezența macroelementelor K, P, S, Mg, Na și Ca, existența unor factori organici de creștere și a microelementelor (în primul rînd Fe, Zn, Mn, Mo, Co) și stabilitatea soluției. Toate acestea vor fi încadrate în limitele unei concentrații totale, care, după diferite medii și după diferite alge, este cuprinsă de obicei între 0,1 și 5%. Concentrația totală a soluției se stabilește luînd în considerare echilibrul elementelor componente, în care sărurile de azot au un rol preponderent. În dorința de a găsi acel mediu care să asigure un maximum de productivitate, se folosesc numeroase săruri complexe sintetice anorganice, mai cu seamă săruri borato-fosfatice, azotato-fosfatice și azotato-cobaltice.

Suplimentarea unor soluții nutritive clasice cu astfel de săruri (azotat-hexamin-cobaltul) a dus în cercetări conduse de acad. Peterfi la o intensificare a multiplicării algei *Scenedesmus acutiformis* (16%) și la sporirea producției de biomasă acumulată (19%).

În experimentări cu *Stichococcus* și *Gloeotila* s-a arătat că acțiunea ionilor organici asupra creșterii talului este diferită : există ioni stimulanți ai diviziunii celulare (Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, K^+, Na^+) și ioni care opresc diviziunea celulară (SO_3^{2-}, F^-) ; s-a putut observa de asemenea că ionii influențează morfologia și structura talului printr-o anume hidratare a coloizilor membranei celulare și prin coordonarea diferențiată a coeziunii celulelor rezultate din diviziune.

Toate aceste date probează că mediul optim universal pentru cultura algelor nu a fost încă stabilit, că cercetările (care trebuie efectuate în strînsă acțiune cu ceilalți factori de mediu și mai ales cu natura algei experimentate), sînt încă necesare.

Pentru cei care vor dori să cultive alge în cutii Petri, le vom recomanda mediul prof. I. Grințescu, constituit din 20 g agar-agar (purificat prin macerație într-o soluție de 95% HCl și spălat pînă la dispariția completă a acidității), căruia i se adaugă azotat de calciu 1,65 g, clorură de potasiu 0,5 g, sulfat de magneziu 0,5 g, sulfat de potasiu 0,5 g și urme de sesquiclorură de fier. Întreg mediul se completează cu 1 000 de g de apă distilată. Tot pentru cutiile Petri sînt recomandate mediile de gelatină nutritivă, suplimentate fie cu 1% glucoză, fie cu 1% peptonă.

În culturile întreprinse în vase de sticlă mai mari, sau în instalații pe care fantezia celor care vor îndrăgi lumea algelor le vor realiza plecînd de la cele cîteva exemple date de noi, mediile de cultură de

folosit sînt mai complexe. Cu toate acestea, substanțele din care ele se alcătuiesc sînt substanțe comune, la îndemîna oricărui laborator, iar prepararea lor nu necesită decît învățarea chimiei atît cît este ea predată în licee.

Iată cîteva rețete pe care vi le propunem :

Mediul Molisch-Ravin

NO_3K	0,3 g
PO_4H_2K	0,1 g
SO_4Mg	0,2 g
KCl	0,05 g
SO_4Fe (sol 1/200)	— 0 picătură

(totul la un litru de apă)

Mediul Sălăgeanu
(pentru alge albastre)

NH_4NO_3	0,4 g/l
KH_2PO_4	0,04 g/l
K_2SO_4	0,08 g/l
Soluție de K feric 1% (2 cm^3/l)	
Soluție de microelemente 0,4 cm^3/l	

Mediul Knop-Pringsheim

NO_3K	2,5 g/l
SO_4Mg	0,4 g/l
PO_4HK_2	1,75 g/l
$Ca(NO_3)_2$	0,1 g/l
$FeCl_3$	0,002 g/l

Mediul Benecke

$Ca(NO_3)_2$	0,25 g
PO_4HK_2	0,1 g
SO_4Mg	0,1 g
FeCl	0,025 g

(totul la un litru de apă)

Mediul Teodorescu

NO_3K	2 g
SO_4Mg	0,25 g
PO_4HK_2	0,75 g
$FeCl_2$	urme

(totul la 1 litru de apă)

Mediul Schreiber
(alge marine)

NO_3Na	0,1 g
PO_4Na_2H	0,02 g
Apă distilată	50 g
Apă de mare (sterilizată) pînă la completarea unui litru	

Mediul Karlander-Kraus

Glucoză	10 g
KNO_3	1 g
SO_4Mg	0,75 g
PO_4HK_2	0,75 g
BO_3HK_2	0,1 g
Na_2Mg	0,007 g
Na_2Fe	0,039 g
Na_2Ca	0,008 g
Na_2Co	0,009 g
Na_2Cu	0,008 g
Na_2Zn	0,007 g

(totul la 1 litru de apă; de observat rolul acordat microelementelor)

Mediul Moore

NO_3NH_4	5 g
PO_4H_2K	2 g
SO_4Mg	2 g
$CaCl_2$	1 g
SO_4Fe	urme

Apă pînă la 1 litru

Barbotarea soluțiilor în care cresc algele unicelulare este foarte importantă, pentru că ea permite introducerea unor gaze utile în mediu (cum ar fi bioxidul de carbon și oxigenul), execută un proces de omogenizare și determină o mișcare a celulelor algale care sînt puse în felul acesta în contact cu lumina și cu substanțele nutritive.

Pentru culturile de proporții mici, instalațiile de aerare care se vînd pentru acvarii sînt suficiente; pentru experimentări și pentru producerea intensă de substanță uscată se folosesc pompe aspiro-respingătoare și compresoare fabricate special.

Alături de aceste condiții, care aduse la un optim favorizează creșterea și productivitatea algelor, numeroase încercări se fac cu diverse substanțe care să determine o stimulare a multiplicării, a fotosintezei, a creșterii, a dirijării enzimelor către o anume producție și a protecției algelor față de imixtiunea mereu probabilă a dezvoltării unor microorganisme care parazitează culturile, inițial pure.

Acad. Șt. Peterfi și colaboratorii săi au studiat acțiunea giberelinelor asupra algelor. Pentru aceasta, speciile *Scenedesmus quadrispina*, *Coccomyxa dispar* și *Stigeoclonium variabile* au fost cultivate pe medii compuse dintr-o soluție Benecke, cu un supliment de giberelină, în concentrații care au mers de la 0,0001 la 0,1%. Creșterea algelor, respectiv mărirea biomasei în timpul experimentărilor, a fost favorizată de giberelină (în raporturi diferite și la variante diferite, cu pînă la 300%).

Dr. Al. Marton a obținut stimularea diviziunii algei *Stichococcus bacillaris* cu substanțe antibiotice ca penicilina, efitardul, cloramfenicolul și nistatinul; tetraciclina și eritromicina s-au dovedit, dimpotrivă, inhibitoare.

Auxinele influențează indirect diviziunea și creșterea celulelor acționînd prin intermediul citoplasmei. Acțiunea lor este legată de nutriția autotrofă (care o favorizează) și de pH-ul mediului (oxidarea auxinelor este mai accentuată în soluțiile acide decît în soluțiile neutre). Concentrația de 10^{-8} mol de acid indolilacetic a dus la o creștere accentuată la *Stichococcus exiguus*, specie la care concentrația de 10^{-5} mol din aceeași substanță era inhibitoare. Chinetinele, de asemenea factori de creștere (ca și auxinele), au fost folosite ca stimulent al algelor. La *Ulva lactuca*, 0,1 mg/l chinetină determină formarea de rizoizi, iar concentrații de pînă la 0,01 mg/l stimulează creșterea celulară la *Spirogyra*. În combinații optime cu auxinele, chinetinele stimulează creșterea talurilor de *Ulva lactuca* demonstrînd că acțiunea chinetinei în prezența altor factori de creștere este, în general, sinergică.

Culturile de laborator își îndreaptă, de pe acum, cele mai bune rezultate obținute către culturile din stațiile-pilot și către îmbunătățirea biocenozelor algale din mediul natural, fără a neglija continua căutare spre înțelegerea amănunțită a mecanismelor fiziologice, biochimice și genetice ale algelor, de la care se așteaptă saltul calitativ în productivitate.

Culturi sub cerul liber

Denumirea dată acestor culturi dorește să sublinieze faptul că factorii de mediu sînt cei pe care temperatura meridianului geografic îi impun, urmînd ca substanța nutritivă și instalația să fie contribuțiile umane la creșterea în masă a algelor.

Ca și în cazul instalațiilor de laborator, cele construite pentru cultura sub cerul liber pot fi foarte

diverse, micile (și inspiratele!) inovații determinînd, în utilizarea lor, productivități nesperat de ridicate. În țara noastră, în experiențe care au fost întreprinse în București sub conducerea acad. N. Sălăgeanu, cu colaborarea noastră, a dr. V. Necșoiu și a dr. M. Paraschiv, și la Agigea, unde lucrează cercetătoarea Pia Elena Mihnea, utilizîndu-se bazine de capacitate mare și vase de plexiglas legate în baterii, s-a realizat o importantă biomasă algală.

Vasele de plexiglas, care cuprindeau 10 litri de suspensie fiecare (fig. 13), erau prevăzute cu dispozitive de barbotare necesare asigurării omogenității și aerării soluțiilor nutritive. Rezultatele obținute au fost de aproximativ 8 g substanță uscată/m^2/zi sau, exprimate în alți parametri, 1 g de substanță uscată/l/zi.

Bazinele executate fie în ciment, fie în gropi tapisate cu diferite materiale care permit o recoltare ușoară aveau capacități de sute de litri (la Agigea de ordinul metrilor cubi); s-au folosit de asemenea și cutii de lemn îmbrăcate în foi de polietilenă. În astfel de instalații s-au montat dispozitive de agitare a soluției cu ajutorul unor palete, sau s-a prevăzut o barbotare plurivalentă.

Rezultatele obținute au fost favorabile în două perioade de timp (fiecare a 50—60 de zile), circumscrise în lunile iunie-iulie și august-septembrie. Randamentul acestor culturi este însă inferior celui obținut în laborator și producția obținută, fragmentată și limitată de condițiile de mediu, nu este suficient de mulțumitoare. În stadiul actual, culturile sub cerul liber sînt recomandate pentru obținerea de suspensii algale care să fie administrate, ca supliment de hrană, animalelor din marile ferme zootehnice.

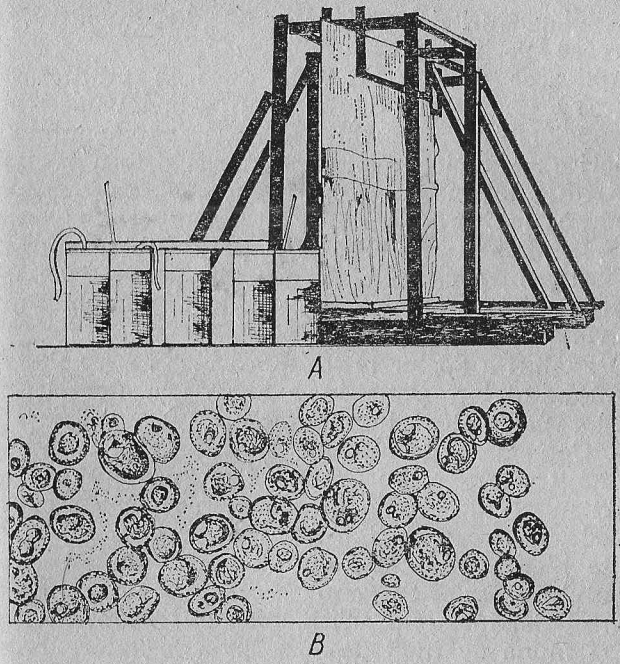


Fig. 13. Instalații de crescut alge sub cerul liber (A); Cultură de *Chlorella* văzută la microscop (B).

Acțiunea îngrășămintelor asupra fitoplanctonului din bazinele acvatice. Culturi în iazuri amenajate

Populația algală este principala verigă în determinarea productivității biologice a bazinelor acvatice. De cantitatea și de calitatea fitoplanctonului depinde în mare măsură producția piscicolă, asupra căreia influențează de asemenea și macrofitele ben-

tale, adăposturi și locuri de pontă ideale pentru numeroase specii de pești.

Aplicarea de îngrășăminte duce la proliferarea bruscă a unor specii de alge din păturile superioare ale apelor și face posibilă apariția fenomenului de înflorire ; acesta provoacă un dezechilibru în lanțul trofic al bazinului, deoarece materia organică produsă nu intră direct în hrana diverselor organisme animale, aduce cu sine pericolul de eutrofizare și pentru că, cel mai adesea, speciile care capătă dominanță nu prezintă o valoare deosebită nutritivă.

O analiză a apelor înflorite, ca urmare a aplicării îngrășămintelor, pune în evidență că dezvoltarea algelor poate depăși volumul de 1 000 cm^3/m^3 de apă. Cercetările desfășurate la Nucet, în heleșteele stațiunii piscicole, au arătat că la începutul „înfloririi" numărul animalelor planctonice (rotifere, copepode, cladocere) a crescut, mai ales cînd componența biocenozei algale era dominată de asocierea genului *Ceratium* cu genul *Microcystis* ; dar, în momentul maxim al înfloririi apei, atît zooplanctonul cît și fauna de fund descresc pînă la valori dintre cele mai mici (în anul 1957 de la 46 kg la 0,5 kg/ha !).

Numeroase experimentări și observații au arătat însă că o dezvoltare moderată a fitoplanctonului are repercusiuni favorabile asupra producției piscicole, spre deosebire de marile aglomerări de alge care duc la rezultatele negative arătate mai înainte. Se impune, de aceea, dirijarea fenomenului de înflorire prin adăugarea fracționată a îngrășămintelor și prin vidarea bazinelor, dacă acestea au suferit, totuși, de pe urma unor extreme proliferări algale.

Pentru a aplica în mod rațional îngrășămintele în bazinele piscicole, trebuie cunoscut elementul nutritiv absent din constelația factorilor care promovează o bună dezvoltare a fitoplanctonului. Analizele chimice sînt cele mai precise metode de identificare a elementului nutritiv care trebuie să fie aplicat, dar și în lipsa acestora un bun cunoscător al asociațiilor algale va intui (cu aproximație) compoziția chimică a apei, după speciile dominante din biocenoze.

Intensitatea producției de substanță organică poate fi, de asemenea, apreciată după emisia de oxigen, folosindu-se metoda de determinare a fotosintezei reale, care caracterizează sinteza substanțelor organice și bilanțul aparent total al producției și al consumului.

În iazuri, îngrășămintele se introduc, cel mai adesea, sub formă de azotat de amoniu (20 kg N/ha) și de superfosfat (15 kg P_2O_5/ha). În următoarele 3—4 zile de la aplicarea elementelor nutritive se observă o intensificare a fotosintezei care durează o perioadă relativ scurtă. În afara fitoplanctonului, se dezvoltă în aceste cazuri și genuri filamentoase — în primul rînd — algele verzi *Spirogyra*, *Cladophora* și speciile algelor albastre de tipul *Oscillatoria*.

În Lacul Sărat, unde alga *Ulothrix* are o dezvoltare naturală extrem de abundentă, s-au amenajat (prin îndiguiri) suprafețe de apă în care s-a administrat azotat de amoniu, în variante mergînd de la 10—25 kg/ha. Rezultatele au arătat că producția se îmbunătățește întrucîtva, atît din punct de vedere cantitativ, cît și calitativ.

În California, în Castle Lake, s-au adăugat microelemente, în primul rînd Cu (400 mg/l), V și Co (cîte 20 mg/l) pentru a stimula creșterea algelor ; rezultatele au fost favorabile, populațiile de *Scenedesmus*, *Chlorella* și *Anabaena cylindrica* înmulțin-

du-se și fiind predominante. Experiențe asemănătoare (în care s-au adăugat $CoCl_2$, $FeCl_3$, vitamina B_{12} și triptonă) au dus la sporirea biomasei fitoplanctonului în marile lacuri din nordul Statelor Unite.

În general, se poate spune că aplicarea de îngrășăminte în iazuri, și în orice alt bazin acvatic, determină o proliferare a algelor care strică echilibrul îndreptîndu-l, după variația celorlalți factori de mediu, fie în sensuri favorabile, fie — dimpotrivă — către o producție piscicolă mai scăzută. Apele lacurilor, iazurilor și heleșteelor primesc adesea, în mod necontrolat, substanțe eliminate din industrie sau provenite din apele menajere, care pot acționa în sensul îngrășării bazinului acvatic. Ca urmare are loc o multiplicare a celulelor algale, care amenință să determine un proces de eutrofizare.

Echiparea cu dispozitive care să pescuiască microfitoplanctonul (și să-l transforme în făină de alge) tuturor acestor ape amenințate este absolut necesară și are un dublu rezultat pozitiv : *a.* menținerea unor cantități rezonabile de alge în biocenoză și *b.* obținerea de substanță organică pentru furajare.

În acest context, studiile asupra îngrășării apelor urmează să fie intensificate pentru ca înfloririle ce pot apărea să fie eliminate înainte de a periclita producția piscicolă și, în același timp, pentru ca substanța organică obținută să fie maximă.

Culturile marine

O tradiție bogată în acest domeniu există pe țărmurile Asiei, în primul rînd în Japonia, unde peste

50 de mii de familii se îndeletnicesc permanent cu creșterea algelor marine. În această țară cultura de *Porphyra tenera* ocupă o suprafață de 220 de km^2 și, anual, se produc peste 1,5 milioane de exemplare (cu o cantitate record de 3 tone substanță uscată/ha). Alga amintită crește în mod natural în locuri calde, fixată de obicei pe stîlpi, mai rar pe pietre, la adîncimi moderate și se adaptează cu ușurință la gradul de salinitate al apei. Plecînd de la aceste caracteristici observate de locuitorii coastelor nipone s-au inițiat așa-zisele culturi de alge marine — în fapt o cale intermediară între o cultură și o îmbunătățire a biocenozei în care se găsesc cantități însemnate de alge utilizabile.

Pentru a se stimula creșterea speciilor de *Porphyra* (fig. 14) se așază bețe de bambus (hibi) pe fundul mîlos din apropierea coastelor, la 15—30 cm adîncime, și se atașează pe ele plase făcute din fire de cocotier sau de material plastic de 0,33 cm grosime, cu ochiuri avînd laturile de 30 cm. Plasele au de obicei dimensiuni de 1,42 × 40 de metri și se așază orizontal ; se mai întrebuințează fileuri cu flotoare, fileuri duble, frînghii etc., toate pentru a ușura prinderea și germinarea sporilor. Aranjarea ordonată a fileurilor și a bețelor de bambus poate permite bărcilor o circulație facilă, înlesnind astfel recoltarea. Alături de *Porphyra* se pot atașa specii de *Enteromorpha*, caz în care, pentru a avea culturi pure de *Porphyra*, plasele se ridică în aer timp de 3—4 ore ceea ce face ca alga verde nedorită (și nerezistentă la uscăciune) să moară.

În zona orașului Tokio, în intrîndurile țărmurilor și în golfurile mici, se adaugă acestor culturi sulfat de amoniu, fără ca îngrășarea să se fi dovedit eficientă.

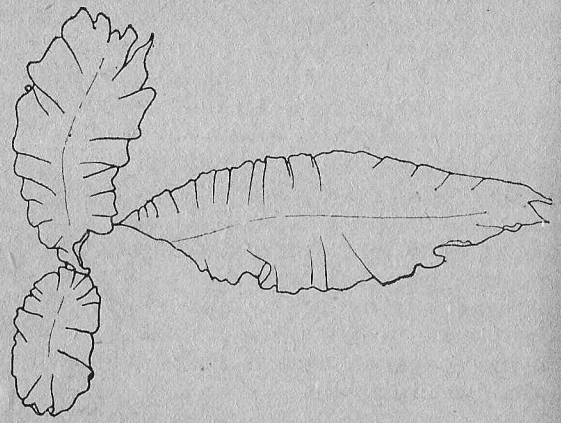


Fig. 14. *Porphyra leucosticta.*

Pentru a favoriza creşterea algelor din genurile *Laminaria, Undaria* sau *Gloiopeltis* (care preferă marea deschisă şi valurile înalte) se pun pe fundul apei pietre mari (600—700 kg), de care se prind sporii şi unde dezvoltarea se face mai uşor.

În culturile marine se preconizează şi o însămînţare artificială, care să înceapă cu creşterea sporilor în laborator şi să se termine cu diseminarea lor în locurile propice pentru dezvoltare. Pentru aceasta, în cutii Petri se pun lame de microscop, acoperite cu 1—2 cm cu apă de mare filtrată, peste care se aşază părţi fertile din alga de cultivat. După 24 de ore sporii se prind pe sticlă (în cazul algelor roşii se observă formarea de mici puncte roz), unde se păstrează la o temperatură de 12—15°C (sau se răspîndesc direct în apă). Sporii opriţi în laborator primesc odată la 3 zile apă de mare proaspătă, iar după 8 zile li se adaugă un mediu de cultură format din : extras de sol 50 ml + 0,1 g KNO_3 + 0,02 g K_2HPO_4. În două săptămîni — timp în care beneficiază de o lumină moderată — sporii încep să formeze rizoizi şi la 4 săptămîni talul poate trece de 300 de microni, stadiu în care pot fi lăsaţi în locurile de „cultură marină".

Pescuitul oceanic, sursa principală de proteină algală şi de alginaţi. Recoltare-prelucrare

Culturile de alge microfite din laboratoare sau din staţiile-pilot, precum şi culturile marine (deşi acestea au o importanţă deja bine stabilită) nu reuşesc să acopere decît o parte din materia primă necesară pentru producţia de alginaţi. Cantităţile cele mai mari se obţin în continuare din pescuitul oceanic şi din ceea ce apele aruncă la ţărm.

O evaluare precisă a cantităţilor de alge macrofite şi o distribuţie a acestora lipseşte încă, deşi de această problemă s-au ocupat numeroase institute de cercetări şi, de asemenea, organizaţia FAO, specializată în probleme de alimentaţie.

Se socoteşte că recoltarea macrofitelor a ajuns la cantitatea maximă de 1 milion de tone anual. În 1971, Japonia singură a recoltat o cantitate de 285 000—300 000 tone de alge brune, ceea ce reprezintă aproximativ 60% din feofitele exploatate din Oceanul Planetar. Această uriaşă cantitate a fost asigurată, în principal, de cîmpurile şi culturile de *Laminaria* (algă foarte frecventă lîngă insula Hokkaido) şi *Undaria;* în acelaşi an, japonezii au scos din oceane aproximativ 254 000 de tone de alge roşii, ceea ce se consideră a fi aproape 70% din întreaga recoltă mondială.

La coasta răsăriteană a Statelor Unite, în Oceanul Pacific, există o zonă de aproximativ 320 mile marine pătrate, din care se valorifică anual 130 000 de tone de alge brune. Prelucrarea (care constă în tocarea, demineralizarea și filtrarea repetată a masei algale) se realizează în uzine speciale instalate la San Diego, în California.

Recoltarea algelor marine se face cu mijloace mecanizate (combine, aspiratoare, tăietoare, răsucitoare și traulere), în cazul în care avem de-a face cu aglomerări de alge foarte întinse, sau în culturile marine. În rest se folosesc mijloace de recoltare manuale, mijloace rudimentare cum ar fi greblele, prăjinile, dragele manuale, ancorele, coasele, sau — în cazul coastelor cu flux și reflux — o colectare semimecanizată.

Pentru recoltarea algei roșii *Phyllophora* (fig. 15), în M. Neagră se folosește traulerul inelar cu acțiune continuă de tip „Kitran", pe care-l descriem

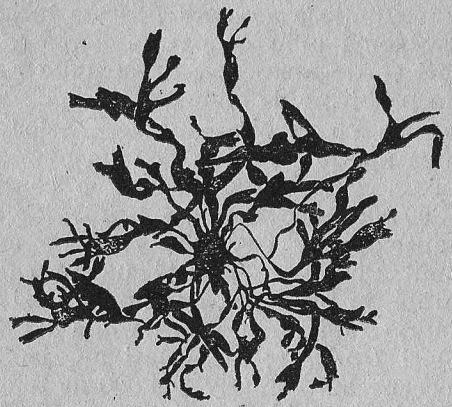


Fig. 15. *Phyllophora sp.*

după ing. Valerii Popovici, unul dintre cei mai neobosiți promotori ai folosirii algelor marine în economia țării.

Pe cablul inelar, din 50 în 50 de metri, sînt dispuse sisteme de închizători automate de care se prind colectoare speciale. Acestea (numite încă și receptoare) sînt realizate sub forma unor schelete mecanice prevăzute cu două cercuri cu diametrul de 1 metru ; de schelet se prinde o plasă legată la un capăt pentru a forma un sac cu o capacitate de 300—600 kg alge. Receptoarele lunecă pe straturile de *Phyllophora*, odată cu nava care merge deasupra cîmpului de exploatare, se încarcă cu alge iar prin mișcarea circulară continuă sînt aduse pe punte.

Prelucrarea algelor marine diferă, evident, după scopurile urmărite.

Polizaharidele fiind materia primă cea mai importantă, acestea sînt extrase cu precădere : algele se lasă în soluție acidă sau în apă, după care acidul alginic și sărurile sale sînt transformate, cu ajutorul unei soluții de carbonat de sodiu, în alginat solubil ; soluția rezultată se precipită cu acid sulfuric și permite separarea unui acid alginic care se purifică și se deshidratează prin trecerea în cîteva băi succesive de alcool absolut.

Acidul alginic și derivații săi anorganici se prezintă în stare pură sub forma unor pulberi albe sau alb-gălbui. În obținerea lor se recomandă uscarea la o temperatură de aproximativ 40°C, în vacuum, pentru a se evita depolimerizările.

În procesul de fabricare a agarului, algele roșii se tratează preliminar cu o soluție de clorură de calciu, se spală apoi și se pun în prezența unei soluții diluate de agar, la 90°C, timp de 6—12 ore, după care se filtrează. Soluția brută de agar obținută se

mărunțește și se păstrează la —10°C, timp de 2 zile, după care, prin dezghețare în vase închise (la o temperatură de + 10°C), se elimină apa rămînînd așanumiții „fulgi de agar", care se deshidratează și se albesc cu o soluție de 1% hipoclorit de sodiu. Purificarea acestor „fulgi de agar" și uscarea lor la aer cald duc la fabricarea agarului utilizat în laborator.

Pentru obținerea unor substanțe, cum ar fi acetona, eterii, acizii organici etc., se folosește metoda fermentației. Prin intermediul acesteia, în prezența acetatului de calciu, a clorurii de potasiu și a iodurii de potasiu, din alge se pot obține acetonă și clorură de potasiu foarte concentrate. După date cuprinse în cartea acad. C. Simionescu și a colaboratorilor săi, „Chimia algelor marine", prin fermentarea a 1 200 de tone de alge rezultă 1 575 litri de acetonă și 13 tone KCl de puritate 95% ; în același proces se obțin și cantități importante de iod. Dacă fermentația are loc în prezența acetatului de calciu, a propionatului de calciu, a butinatului de calciu sau a valerianatului de calciu, atunci se obțin eteri și acizi organici.

Din distilarea uscată a algelor rezultă foarte numeroase produse, inclusiv amoniac, rășini, uleiuri, gudroane, cărbune și săruri. Citînd aceleași surse de mai sus, din 100 de tone de *Macrocystis* se obțin 12 tone de material uscat, care, prin distilare, oferă 2,3 tone amoniac, 3 tone săruri de potasiu, 1,2 tone de cărbune și 9 kg de iod.

Pentru a extrage săruri de sodiu și de potasiu și a le folosi ca îngrășămînt, algele (în special *Laminaria* și *Fucus)* se ard, rezultînd o cenușă fertilă. În secolul XIX procedeul arderii algelor era larg folosit și pentru că cenușa obținută se folosea, ca unul din puținele produse existente și cunoscute atunci, la fabricarea săpunului, a sticlei și a ceramicei.

PRINTRE PRODUCĂTOARELE DE PROTEINE ALE SECOLULUI XXI : ALGELE

Culturi pentru spațiul cosmic

Secolul XXI va cunoaște o intensificare a călătoriilor spațiale, va avea nave a căror viteză va întrece de multe ori pe cea cunoscută astăzi și va tinde să ajungă la planetele cele mai îndepărtate ale sistemului solar, gîndind în același timp la alte galaxii.

Laboratoarele spațiale locuite sînt o realitate a zilelor contemporane și navetele care urmează foarte curînd să asigure zborul pe traseul Terra-Selena-Terra se găsesc deja în șantier. Complicatele probleme pe care le ridică construirea unor astfel de mijloace de transport sînt, firește, cu totul dificile și greu de imaginat pentru cei care nu lucrează nemijlocit la fabricarea lor. Să alegem din această multitudine de probleme, ce se vor rezolvate, cîteva din cele care sînt în legătură cu nevoile vitale ale astronauților, în timpul îndelungatelor lor călătorii. Ce mănîncă acești călători ai spațiilor infinite și cum de le ajunge, în încăperi limitate, oxigenul pentru respirația de-a lungul a zeci și zeci de zile ?

Iată întrebări asupra cărora ne vom opri, nu neapărat pentru a le explica și rezolva, ci pentru a le discuta în perspectiva unor viitoare peregrinări umane de luni și de ani... ; în asemenea condiții și pentru un asemenea interval de timp va fi nevoie ca sursa de hrană și sursa producătoare de oxigen și absorbantă de bioxid de carbon să se găsească la bordul navei ! De aceea a devenit necesar să se imagineze un microcircuit al elementelor, care să imite marele ciclu biologic cunoscut pe Terra și se crede că, în această „operațiune", rolul principal va reveni algelor.

Avînd la dispoziție, pentru procesul de fotosinteză, lumina spațiului solar, bioxidul de carbon provenit din respirația cosmonauților, mediul nutritiv rezultat din dejecții prelucrate, algele vor putea fabrica, pentru pasagerii călătoriilor interstelare, o hrană bogată în substanțe proteice, bine vitaminizată, cu principii active și cu săruri minerale. În același timp, ca rezultat al fotosintezei, ele vor degaja în spațiul limitat al navelor oxigenul necesar respirației.

Asemenea experimentări s-au simulat cu cîțiva ani în urmă, în camere etanșe, și rezultatul lor a arătat că este posibil ca un anumit timp (7 zile) un cercetător să se hrănească cu substanțe proteice algale și să respire aerul produs, în cea mai mare parte, de o cultură de alge. La bordul vaselor cosmice numeroase specii de clorofite unicelulare au constituit deja culturi în aparate speciale pentru cultivarea lor continuă și au fost folosite asiduu în studierea schimbului gazos.

Toate rezultatele arată că peste puțin timp algele vor reprezenta o componentă esențială a navigației interplanetare și interstelare (dar desigur și a cuceririi adîncurilor Oceanului Planetar, la bordul submersibilelor), alcătuind fabrica portativă, de proteine și de oxigen, a viitorului.

Culturi în stații-pilot

De la cercetările de laborator, de la experimentările în diferite instalații (de mică anvergură) făcute sub cerul liber, de la stimularea producției fitoplanctonului în iazuri și heleștee, la culturile marine de alge macrofite, datele au confluat pînă în pragul creării unei industrii de proteine algale și de alginați.

Aceste industrii trebuie stimulate și verificate în stații-pilot, în stații preindustriale, unde să se calculeze productivitatea și unde să se pună la punct tehnologiile care să asigure o rentabilitate deosebită. Astfel de stații-pilot funcționează în prezent în mai multe țări și pentru a ilustra alcătuirea lor vom descrie instalația existentă în localitatea Třebon din Cehoslovacia. Aici stația-pilot este formată din 6 bazine mari de tip cascadă, ridicate pe piloni la o înălțime de cîțiva metri, construite cu planșeu înclinat și tapisat cu plăci de sticlă așezate în trepte ; totul asigură o prelingere ușoară și o mișcare continuă a soluției cu microalge. Prevăzută în partea superioară cu un rezervor din care algele se răspîndesc în cele 6 bazine (care desfășoară luminii soarelui fiecare o suprafață de 112 m^2), instalația are la partea inferioară, terminus, un colector care strînge și dirijează algele spre un tanc-receptor unde soluția se îmbogățește în bioxid de carbon, după care o pompă o readuce în bazinul superior într-o mișcare diurnă neîncetată.

La Třebon, cantitatea energiei luminoasă căzută pe culturi a fost măsurată permanent, temperatura suspensiei s-a înregistrat automat și de 5 ori pe zi pH-ul mediu a fost determinat și corectat; în repetate ori cantitatea de bioxid de carbon administrată a fost reglată în funcție de intensitatea luminii, de temperatura suspensiei și de amplitudinea fenomenului de respirație. Experimentările au durat în total 160 de zile (mai-octombrie), timp în care suspensiile erau diluate, iar mediile nutritive corectate pentru ca elementele nutriționale conținute să fie totdeauna în cantități optime. În general, într-un ciclu experimental, s-au folosit 1 700 CO_2, ceea ce echivalează — în producția obținută — cu o unitate de greutate CO_2 pentru 0,113 unități greutate de substanță uscată. Biomasa algală era produsă sub formă de praf, prin prelucrarea soluțiilor dense într-o stațiune anexă automată. Rezultatele au arătat că pentru 1 m^2 de suprafață luminată se obține, zilnic, o cantitate de 12 g substanță uscată, ceea ce ar însemna 100 kg substanță uscată/zi/ha și 36,5 tone de produse pe an (calculînd o producție continuă, în spații climatizate). Recolta aceasta avea un conținut de 50% proteină, a cărei calitate a fost dirijată de variația perioadei de lumină și întuneric (în zilele cu o durată mai scurtă s-au sintetizat, cu precădere, arginina, histidina și lizina, iar în plină vară s-au sintetizat mai ales glicina, alanina, acidul aspartic și metionina) și de compoziția mediului nutritiv.

Productivitatea instalațiilor experimentate, în toate stațiile-pilot cunoscute, este totuși relativ scăzută cu cele 10—12 g substanță uscată obținută/m^2/zi și cu utilizarea energiei solare de numai (maximum) 3—4,5%. În cazul iluminării artificiale permanente, biomasa acumulată poate ajunge la 16—

18 g, dar și această cantitate este inferioară productivității posibile a plantelor superioare. Astfel, la 100 de zile de vegetație, s-a obținut o recoltă de tuberculi de cartofi de 11,33 kg/m^2, ceea ce revine la aproximativ 30 g substanță/m^2 în condițiile unui conținut normal de CO_2. În cadrul cultivării plantelor la lumina filtrată dată de lampa cu incandescență, productivitatea la tomate a ajuns la un record de 71,5 g substanță uscată/m^2/zi și la o folosire a radiației cu mult peste procentul care se atribuie plantelor superioare.

Reiese din aceste comparații că productivitatea algelor în stațiile-pilot — deși poate fi socotită mulțumitoare în stadiul actual — nu este încă suficientă (mai ales sub aspect economic) pentru declanșarea unui circuit industrial. Pe baza funcționării lor însă ne putem imagina cum va arăta această industrie a viitorului.

O schiță a culturilor industriale

Se poate anticipa că secolul XXI va realiza cultura intensivă a algelor unicelulare după tipul producțiilor microbiologice pe care le considerăm astăzi moderne. Pentru aceasta va fi necesar să se poată intensifica procesul de biosinteză pe seama creării unor tensiuni înalte a factorilor de bază, care determină fotosinteza, în primul rînd lumina, bioxidul de carbon și mediul nutritiv, și să se selecționeze sușe genetice de mare productivitate.

Variantele unor culturi industriale de alge vor fi numeroase, dar ne vom opri asupra a trei principale posibilități.

Uzine de alge. Pentru adăpostirea lor vor fi necesare construcții speciale de tipul serelor, dar cu

o înălțime mult mai mare. În interior se vor crea bazine suprapuse, asigurate cu sisteme proprii de iluminare, cu spectre și intensități variabile ; suprapunerea bazinelor va face ca un hectar de pămînt să poată asigura suprafețe de zeci de hectare de cultură algală. Sistemele de introducere în bazine a soluțiilor nutritive, cunoscute din cultura hidroponică (ca și din cea folosită în stațiile-pilot), vor fi ameliorate și automatizate în întregime. Corectările de mediu și de pH întîlnite în stația-pilot de la Třebon vor trebui să fie menținute, ca și stațiile de centrifugare, pulverizare și liofizare a suspensiilor. Aceste uzine vor avea laboratoare de analize chimice pentru stabilirea, pe de o parte a mediilor nutritive, iar pe de altă parte a calității algelor obținute ; vor fi necesare, de asemenea, un depozit frigorifer, o stație de climatizare și o stație de conservare-ambalare. În același timp, aceste uzine vor fi înzestrate cu laboratoare de genetică și cu colecții foarte vaste de sușe algale, cu sarcina principală de a obține variante la care creșterea rapidă, logaritmică, a numărului de celule să dureze o perioadă mult mai mare decît în prezent, iar faza lineară să reprezinte pauza în care se execută recoltarea.

Este de considerat că în asemenea uzine se vor putea obține pînă la 150 de g alge uscate/m^2/zi ; aceasta va presupune și o folosire a energiei luminoase mult mai eficiente, dincolo de cele 3—4 procente socotite astăzi ca maximum dovedit.

Culturi de alge în aer liber. Se pot amenaja pe terenurile neproductive prin construirea unor bazine în care să se folosească, pe scară largă, învățămintele desprinse din culturile ce se fac astăzi sub cerul liber. Ele vor funcționa atît timp cît condițiile de temperatură și de lumină o vor permite,

fructificînd un teritoriu care pentru plantele superioare s-ar dovedi neproductiv. În aceste culturi, mai ales în zonele calde, pot fi folosite, alături de algele unicelulare, și algele filamentoase. Lacul Ciad dă un exemplu strălucit de productivitate algală, speciile de *Spirulina*, cu un conținut remarcabil de proteină (peste 70%), dezvoltîndu-se acolo exuberant în anumite perioade.

Culturile marine. Dezvoltarea amenajărilor în care japonezii s-au ilustrat încă cu mulți ani în urmă poate face, prin producerea de spori, prin creare de aliniamente și prin introducerea mecanizării și îngrășării, o adevărată cultură. Avantajele acesteia față de exploatarea cîmpurilor marine ar consta în următoarele :

a. recolta ar fi cu 250% mai mare pe unitatea de suprafață ; *b.* se reduc accidentele de pieire a algelor în masă ; *c.* se exclude posibilitatea epuizării unor cîmpuri naturale ; *d.* suprafețele de cultură se pot amenaja și concentra în regiunile dorite ; *e.* se poate accelera ritmul de creștere și *f.* se poate mecaniza munca de recoltare.

Industria alimentară. Algele obținute în aceste uzine ale viitorului (se speră la o producție de 400 de tone de proteină la hectar, cu un conținut de aminoacizi care corespunde normelor FAO) vor fi folosite pe larg în industria alimentară.

Este de presupus că în alimentație, algele vor servi drept condimente, ca adjuvante, componente la fabricarea prăjiturilor și a înghețatelor *, la pre-

* Una din rețetele pentru fabricarea înghețatei constă din : 71 g praf de alge + 1 000 g praf de lapte, 400 g lapte, 90 g făină, 220 g zahăr, 2 ouă și 2 linguriță extract de vanilie.

pararea sosurilor și supelor *. Există — teoretic — și ideea înființării unor fabrici de proteine algale care să imite carnea ; din acest stadiu industria alimentară, care va pleca de la proteina algală, va avea o diversitate impresionantă.

Utilizarea făinei de alge în hrana omului, sub formă de pîine (în amestec cu făina de cereale), exercită o influență favorabilă asupra organismului uman contribuind la îmbunătățirea metabolismului, a hematopoezei și a circulației sîngelui.

Perspectivele atît de strălucite pe care uzinele de alge și culturile marine le flutură în fața omenirii consolidează și mai mult tendința actuală de exploatare a apelor Oceanului Mondial și deschid calea către o temeinică și întinsă acvacultură.

Acvacultura și algocultura. Orezăriile de mîine

Nenumărate sînt țările care și-au întemeiat diferite crescătorii de animale marine pentru exploatarea lor economică. La început, au fost, probabil, bazinele de crescut scoicile de perle, apoi cele pentru midii, pentru homari și creveți. Țărmuri întregi s-au amenajat apoi (sau mai înainte !) favorizîndu-se dezvoltarea florei submarine pentru ca aceasta să servească drept adăpost puietului de pește și unei faune

* Pentru prepararea supelor se adaugă 1—2 linguriță praf de alge la litru ; la fabricarea prăjiturilor, la un amestec de 142 g făină și 3,3 g sare se adaugă 4 linguriță de praf de alge.
Este de menționat că doza zilnică de alge pe care organismul uman o valorifică și o suportă cel mai bine este cantitatea de 100 de grame.

utile în lanțurile trofice *. Apoi s-au făcut culturi de spongieri și s-au întreținut biocenoze în care să trăiască viermi, octopode sau ascidii folositoare industriei farmaceutice. Într-adevăr, din ascidia *Ecteinascidia turbinata* ca și din polichetul *Reteterebella* se scot substanțe puternice antitumorale și exemplele aduse sînt numai o parte din cele pe care apele le pot oferi. Interesul substanțelor active extrase din organismele marine nu este doar de ordin medical ; dovada o face insecticidul Padan, care acoperă 20% din consumul Japoniei, și care provine dintr-un derivat sintetic al unei nereistoxine, o amină găsită în anelida *Lumbrinereis brevicirra*.

În 20 de ani producția mondială a acvaculturii trebuie, după prevederile FAO, să atingă 60 de milioane de tone, adică aproape tot atît cît se pescuiește actualmente (70 de milioane).

Firește, atenția acvaculturii se îndreaptă, în primul rînd, către piscicultură ; pentru ea se construiesc uzine uriașe, instalații de climatizare în care să se crească fazele larvare și alevinii, fabrici întregi de produse nutritive ; în același timp însă, algocultura își sporește importanța și spațiile afectate.

Începuturile algoculturii le-am întîlnit la malurile arhipelagului nipon. Va putea fi ea practicată pretutindeni ?

Să ne gîndim la țărmul nostru românesc care este aproape lipsit de golfuri și de adăposturi naturale. În aceste cazuri va trebui să încercăm aceas-

* Cercetările au arătat că o coloană de apă cu un diametru de 15 cm și o înățime de 35 de metri, care cuprinde o tufă de *Cystoseira*, conține între 34—56 de mii de animale mărunte (crustacei, viermi, crabi, moluște, puiet de pește) în timp ce apele fără vegetație sînt infinit mai sărace.

tă cultură în lacurile litorale, cu sau fără comunicare la mare, sau în zone adăpostite *pe țărm* prin crearea de bazine legate, prin canale, cu marea. Procedeul japonez al pietrelor scufundate, folosit pentru regenerarea vegetației algale (mai ales pentru *Laminaria)*, poate fi utilizat și la noi. Se pot înființa laboratoare în care să se culeagă sporii algelor de cultivat și cu care apoi să se însămînțeze blocurile de piatră de anumite dimensiuni, piloni de beton, porțiuni de lemn sau plase. Pentru algele haplodiplobionte, cum ar fi *Cystoseira*, foarte des întîlnită la țărmul nostru, cultura aceasta ar fi ușor de întreprins.

Algocultura este un domeniu care bate la ușa prezentului. Ea va suplimenta cantitățile de proteine de care omenirea are atîta nevoie și va mări suprafața cultivată, pentru început cu imensele întinderi ale platformelor continentale, dar visînd mai apoi către adîncurile apelor albastre.

Vom extinde poate algocultura și la orezării (culturi submerse un timp îndelungat) ; atunci vom crește specii din grupul algelor albastre fixatoare de azot cu un dublu scop : acela de a îngrășa orezăriile economisind substanțe chimice și folosind un azot biologic, necesar protecției mediului și pentru a obține o cantitate suplimentară de substanță organică reprezentată de masa algelor ce se dezvoltă aici.

Orezăriile de mîine (plecate de la experimentările care au loc chiar astăzi) vor deveni mult mai productive cu ajutorul acestor viețuitoare fără nucleu care sînt algele albastre. Acvacultura este o încercare a inteligenței umane de a extinde teritoriul pe care îl locuim și-l utilizăm astăzi ; pentru că atunci cînd vor fi „grădini cu plante cultivate", „curți cu pești domesticiți", atunci, firește, acvanauții vor fi numeroși și undele albastre vor adăposti orașe și căi de comunicație, pe care, de fapt, secolul XX le-a implantat experimental în sudul Arabiei, în golful Californiei și pretutindeni unde oamenii se gîndesc la viitor.

Resursele mondiale de alge

Vor intra în funcțiune uzinele de fabricare a proteinelor algale odată cu începutul secolului XXI ?

Firește, un răspuns cert nu poate fi dat, deși înclinăm să credem că el va fi pozitiv ; este sigur însă, în legătură cu aceasta, că nevoile de proteine ale omenirii vor solicita la maximum algele existente, algele pe care le făurește marele circuit natural de pe Terra.

Cît vor ajunge aceste alge ? Se va face la timp sinapsa între rezervele existente (pe care le vom exploata din ce în ce mai acerb) și producția pe care intenționăm s-o punem în mișcare ?

Noi credem că așa va fi dar, cu siguranță, nu este deloc lipsit de interes să cunoaștem rezervele mondiale ale globului, să cunoaștem rezervele din M. Neagră, pentru a înțelege în ce ritm trebuie lucrat, pentru a pune în funcțiune mari și productive culturi de alge.

Se crede că aproximativ 8 000 de specii macrofite alcătuiesc un stoc de 200—350 de milioane de tone socotit la greutatea umedă.

Apele litoralului englez cuprind aproximativ 10,5 milioane de tone de alge, între care predomină *Ascophyllum nodosum* și speciile de *Laminaria*. Pe litoralul Norvegiei sînt cantonate aproximativ 20 de milioane de tone de alge, care fac ca industria nor-

vegiană de alginați să ocupe locul II în Europa și locul III în lume. În mările limitrofe Uniunii Sovietice stocul total de alge se apreciază la aproximativ 22 de milioane de tone, dintre care peste 17 milioane valorificabile industrial.

În M. Neagră, evaluări cantitative au fost făcute în asociații care prezentau o bună abundență și acoperire și în care predominau speciile genurilor *Cystoseira*, *Ceramium*, *Cladophora* și *Enteromorpha* (maximum de biomasă = 20 kg/m^2). În apele acestei mări, două genuri prezintă un interes economic deosebit și anume *Cystoseira* și *Phyllophora*.

Rezervele de *Cystoseira* se cifrează la aproximativ 1,7 milioane de tone, majoritatea găsindu-se la litoralul sovietic (între Capul Midia și Vama Veche, țărmul românesc cuprinde un stoc de numai 5 000 de tone cu o productivitate maximă de 7—9 kg/m^2).

Speciile de *Phyllophora (brodiaei, membranifolia, nervosa)* constituie asociații practic pure, în care foarte rar se găsesc exemplare de *Ectocarpus* și de *Ceramium*. Asociația cea mai marcantă de *Phyllophora* se întinde în partea de nord-vest a mării, pe o suprafață estimată la 10—11 mii km^2, avînd limita de sud în fața brațului Sf. Gheorghe și cuprinzînd în acest perimetru, ca elemente disparate, și porțiuni din platforma continentală românească, aflate pînă la 60 de metri adîncime. În suprafața amintită mai sus (cunoscută sub numele Cîmpul lui Zernov) se găsesc peste 6 milioane de tone de alge !

* *
*

Resursele de alge macrofite din Oceanul Mondial pot fi socotite satisfăcătoare, pînă cînd productivitatea lor va fi preluată de marile culturi pe care le așteptăm de la secolul XXI. Atunci vor scădea, probabil, numeric, acele specii care nu sînt direct utilizabile (rămînînd doar ca elemente ale unor biocenoze favorabile pisciculturii și, în general, unui optim echilibru biologic) și vor prolifera speciile care avantajează producția de proteină.

Algele, prin prezența și implicațiile lor, vor fi unul din numeroasele elemente de transformare globală care vizează, în viitor, uriașul ecosistem întruchipat de Terra. Transformare dorită și gîndită de oameni, pentru a asigura o modelare mai bună și o armonie mai perfectă între natură și specia umană !

Desigur, agricultura va cunoaște progrese spectaculoase ; noi specii de plante vor fi create (fără a mai aminti de sutele de soiuri și hibrizi care se ivesc anual pe Terra) făcînd roditoare, mereu mai roditoare, plaiurile de pretutindeni ; se vor „fabrica" rase de animale care să valorifice superior această biomasă agricolă... Alături de toate acestea, algele vor juca un rol infinit mai mare decît cel pe care îl au în prezent. Puterea lor de captare a luminii le va face un acumulator prețios al acestei vitale substanțe care este energia. Materiile prime pe care le dau se vor diversifica iar proteinele algale vor avea o parte importantă în marele carusel (care se învîrte de la un progres la altul) al alimentațiilor umane și animale.

Nu va fi — fără îndoială — o eră a algelor, așa cum nu va fi nici *doar* era atomică și nici *doar* era navelor cosmice și nici *doar* era...

Inteligența umană s-a întruchipat în prea multe domenii ca unul dintre acestea să fie copleșitor !

Nu va fi o eră a algelor, dar algele vor ocupa un loc de seamă printre marile producătoare de proteine, printre elementele de importanță vitală pentru biosferă. Secolul XXI va fi, gîndind la toate cuceririle tehnicii și civilizației omenești, nu o eră a algelor, nu o eră a energiei atomice, ci era inteligenței umane.

CUPRINS

O lume a culorilor 5

Întîlnire cu algele 5
Celula algală. Talul 11
Diversitatea formelor. Tipurile morfologice . . . 17
Nutriția 21
Procesul de înmulțire 25
Mișcarea și sensibilitatea 35
Aria de răspîndire a algelor. Elemente de ecologie algală 39

La ce folosesc algele 53

Compoziția chimică 53
Materie primă pentru industrie 58
Îngrășăminte în agricultură 63
Proteine algale pentru zootehnie 67
O componentă a alimentației umane 73
Medicamente noi și inedite 76
Algele și protecția mediului 77

Cultura și pescuitul algelor 85

Culturi de laborator 85
Culturi sub cerul liber 97
Acțiunea îngrășămintelor asupra fitoplanctonului din bazinele acvatice. Culturi în iazuri amenajate . . 99
Culturile marine 102
Pescuitul oceanic, sursa principală de proteină algală și de alginați. Recoltare-prelucrare 105

Printre producătoarele de proteine ale secolului XXI: algele 109

Culturi pentru spațiul cosmic 109
Culturi în stații-pilot 111
O schiță a culturilor industriale 113
Acvacultura și algocultura. Orezăriile de mîine . . 116
Resursele mondiale de alge 119

Redactor: Doina Elena CIOACĂ
Tehnoredactor: Maria IONESCU

Coli de tipar: 3,875. Bun de tipar: 9.06.1980.

Tiparul executat sub comanda nr. 657 la
Întreprinderea poligrafică
„13 Decembrie 1918",
str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97
București,
Republica Socialistă România

„Resursele de alge macrofite din Oceanul Mondial pot fi socotite satisfăcătoare, pînă cînd productivitatea lor va fi preluată de marile culturi pe care le așteptăm de la secolul XXI. Atunci vor scădea, probabil numeric, acele specii care nu sînt direct utilizabile (rămînînd doar ca elemente ale unor biocenoze favorabile pisciculturii și, în general, unui optim echilibru biologic) și vor prolifera speciile care avantajează producția de proteină.

Algele, prin prezența și implicațiile lor, vor fi unul din numeroasele elemente de transformare globală care vizează, în viitor, uriașul ecosistem întruchipat de Terra. Transformare dorită și gîndită de oameni, pentru a asigura o modelare mai bună și o armonie mai perfectă între natură și specia umană!".

Editura științifică și enciclopedică Lei 2,60